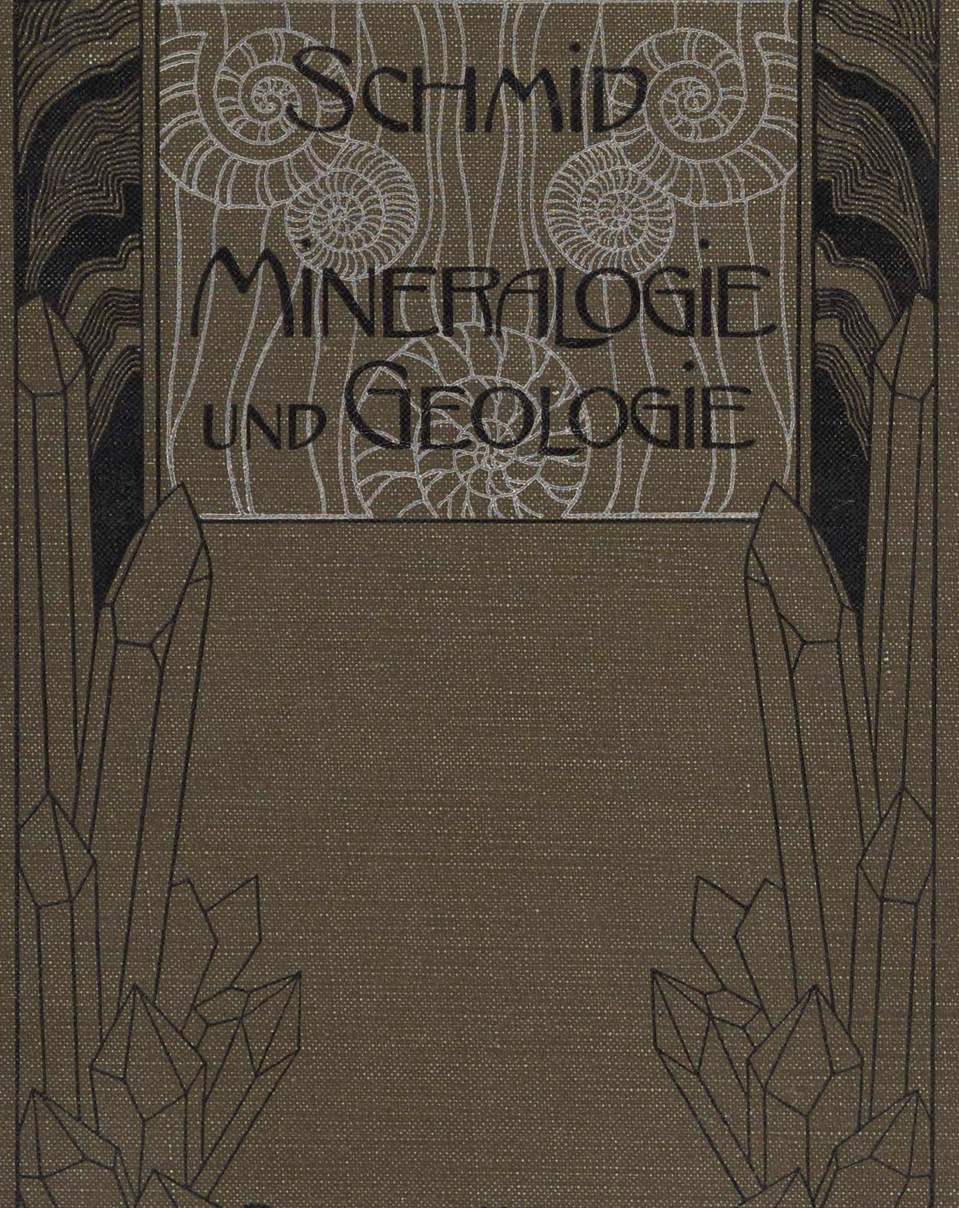
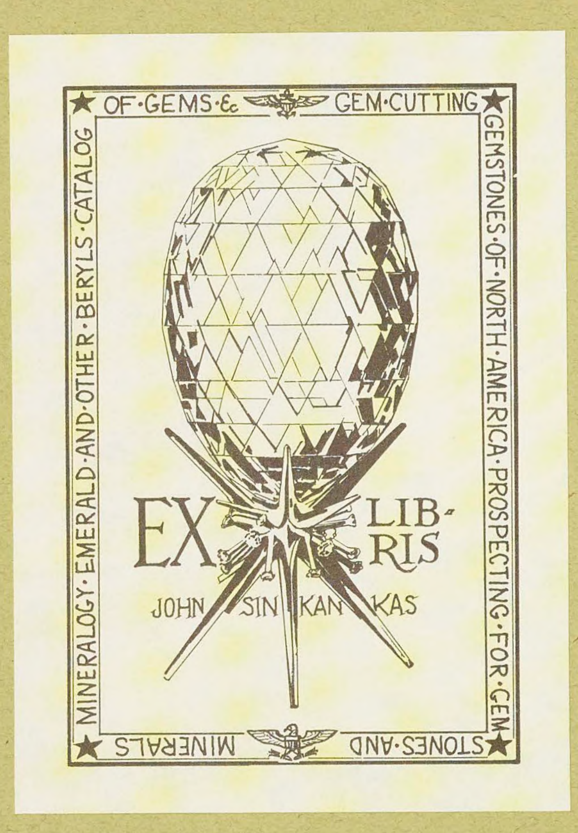

Schmid
Mineralogie und Geologie
Esslingen & München ~
Verlag von J. F. Schreiber


OF·GEMS·&c GEM·CUTTING
GEMSTONES·OF·NORTH·AMERICA·PROSPECTING·FOR·GEM
STONES·AND
MINERALS
MINERALOGY·EMERALD·AND·OTHER·BERYLS·CATALOG
EX LIB-RIS
JOHN SIN KAN KAS

h0

1038

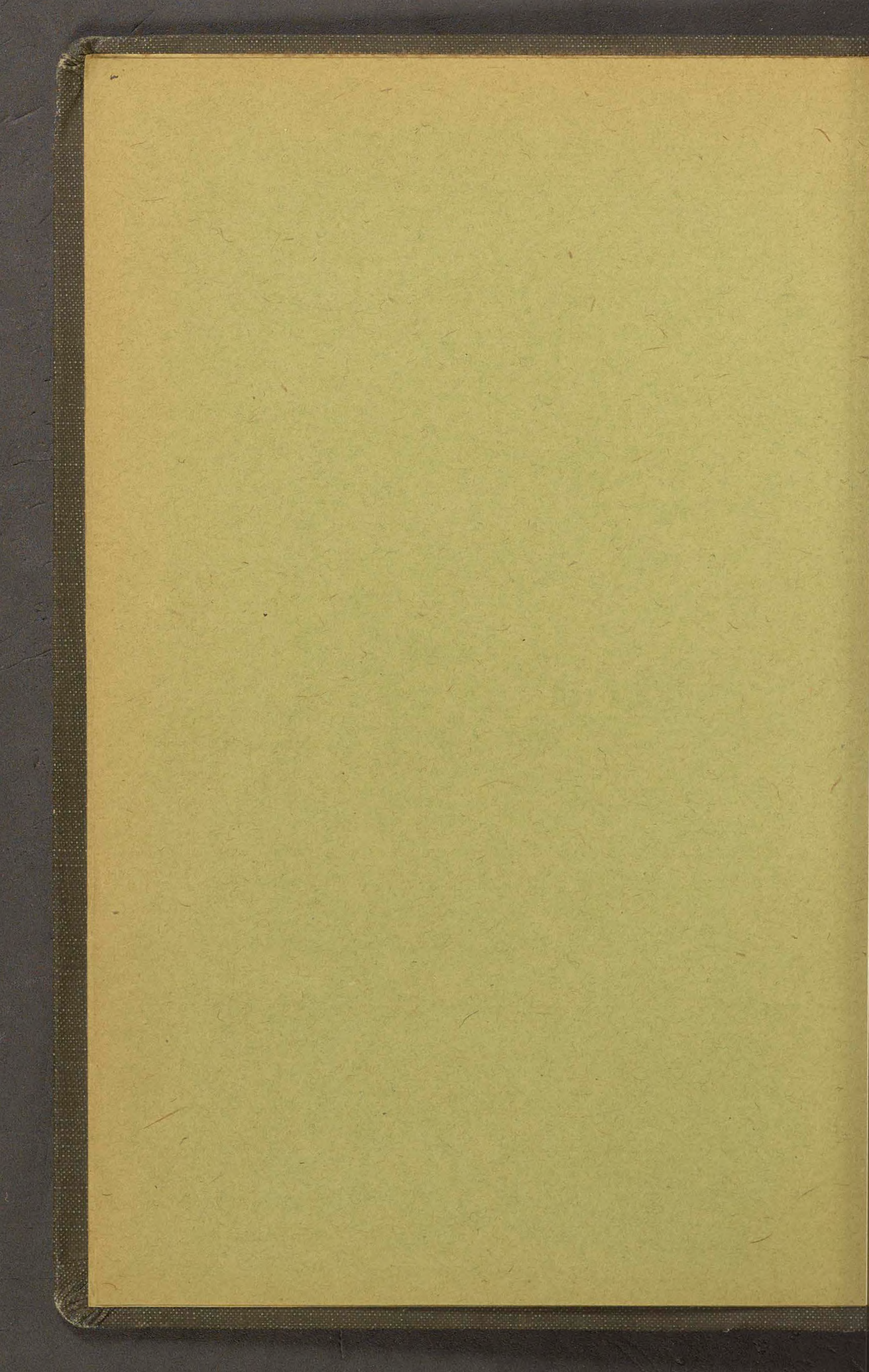
NOTES ON SCHMID'S "Lehrbuch der Mineralogie und Geologie."

This is the first edition, dated in the author's preface 1904 for both parts. These are combined in one volume here but could be bought separately if desired. As stated in the preface, it is the first book known to the author to so extensively use colored text figures but as can be seen, not always with happy results. Many of the more strongly colored illustrations were inked so heavily during printing that the ink offset appreciably on opposing leaves.

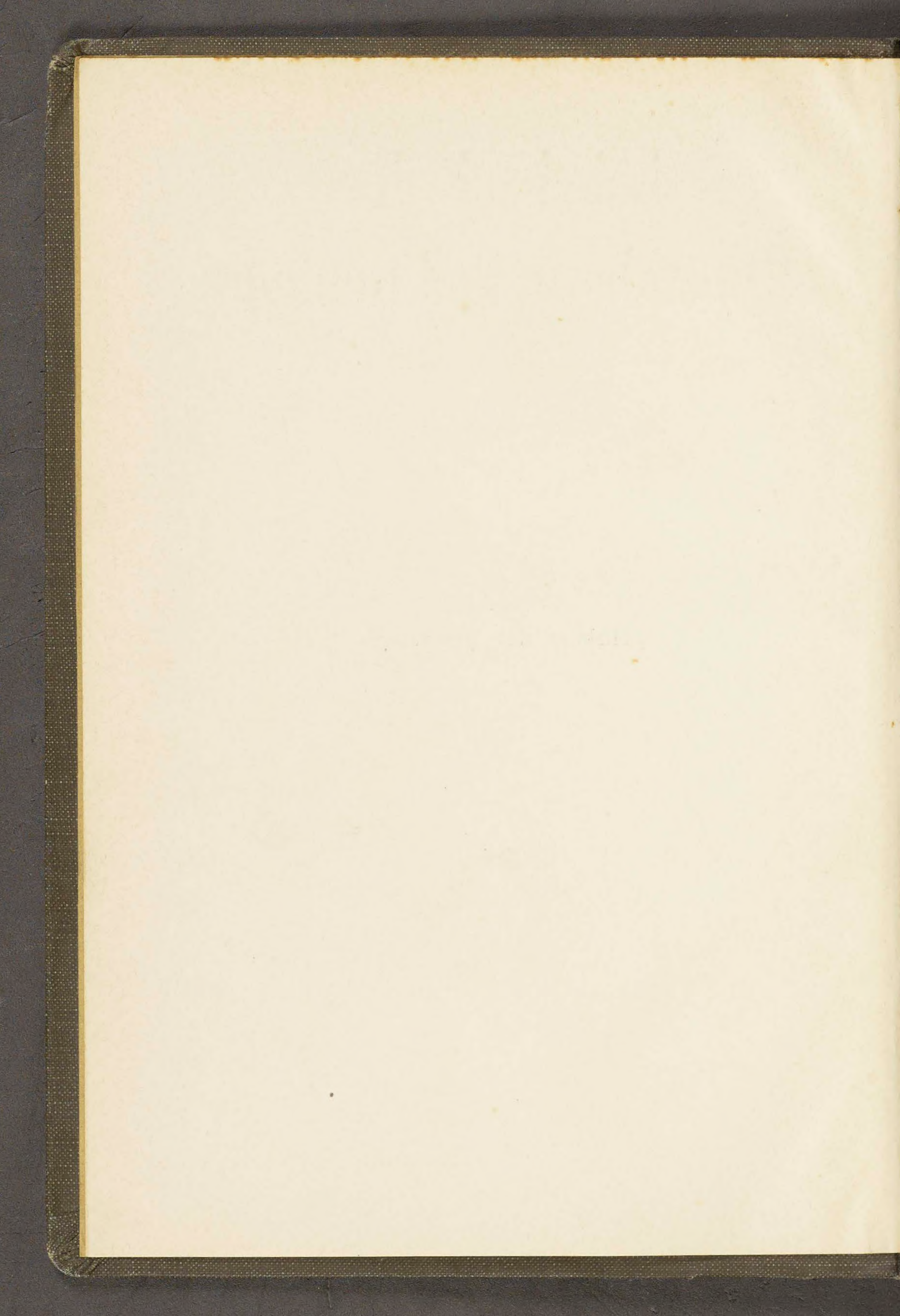
Perhaps as a result and more surely because of the expense of printing in this manner, the second edition , dated 1908, was issued with all text figures uncolored and the figures that it was decided to retain in color printed on tipped-in semi-glossy f.

All colored illustrations, including those for the geology portion, were borrowed from Schubert's color work atlases.

John Sinkankas
8/12/76



Schmid,
Lehrbuch der Mineralogie



Lehrbuch der Mineralogie und Geologie

für höhere Lehranstalten

bearbeitet von

Dr. Bastian Schmid,

Oberlehrer am Realgymnasium in Zwickau i. S.

I. Teil: Mineralogie.

Mit zahlreichen schwarzen und farbigen Abbildungen.



Esslingen & München.

Verlag von J. F. Schreiber.

Druck von J. F. Schreiber, Eßlingen.

Vorwort.

Dieses Buch richtet sich zunächst an die Schulen solcher Staaten, denen der Lehrplan ausführliche Unterweisungen in Mineralogie und Geologie vorschreibt. Einer zeitgemäßen Anforderung entsprechend, ließ ich es mir angelegen sein, das Werden und Vergehen der Mineralien hervorzuheben, ohne dabei zu vergessen, daß die Kristallographie und das physikalisch-chemische Verhalten unserer Naturkörper genau so gut ein Anrecht auf Berücksichtigung haben. Mit Vernachlässigung letzterer Disziplinen würde man sich zum Nachteile des Schülers von den Wegen entfernen, auf denen unsere Wissenschaft ihre bedeutendsten Fortschritte machte; man würde mit dem Verzicht auf die wichtigen Hilfswissenschaften der Mineralogie dem Schüler ein höchst einseitiges Bild mitgeben.

Wenn ich es unternommen habe, einen annähernd systematischen Gang einzuhalten, so soll darin nichts Bindendes für die Durchnahme des Stoffes in der gegebenen Reihenfolge liegen. Im Gegensatz zu dem zoologischen und botanischen Unterricht, welcher in den verschiedensten Gegenden Deutschlands mit denselben Anschauungsobjekten rechnen kann, liegt es in der Natur des Gegenstandes, daß es sich an den verschiedenen Oertlichkeiten um ganz verschiedene Mineralkörper handelt, und daß demnach das Ausgangsmaterial das verschiedenartigste sein kann. Offenbar liegen hierin Schwierigkeiten für ein Lehrbuch. Diese zu umgehen, war einer von den Gründen, die mich bestimmten, von den Vorzügen der Systematik Gebrauch zu machen.

Was die Kristallographie anbelangt, so habe ich derselben einen eigenen Abschnitt gewidmet, einmal im Hinblick auf solche Schulen, denen der Lehrplan einen zweijährigen Mineralogiekursus vorschreibt und im ersten Jahrgang hauptsächlich die Kristallographie

betont, sodann, um eine gedrängte Uebersicht über den Gegenstand zu geben. Daß man die Kristalle zunächst vor den Augen der Schüler herstellt, halte ich für ebenso wichtig als die Behandlung dieses Gegenstandes an der Hand von Mineralien. Hinsichtlich der Aufeinanderfolge der sechs Kristallsysteme möchte ich bemerken, daß wohl wenig darauf ankommt, ob man vom regulären oder einem nicht regulären System ausgeht, ob man also in der Einfachheit des Achsenkreuzes oder in jener der Symmetrieverhältnisse einen Vorzug sieht; beide Wege führen zum Ziel. Um weitgehenden Bedürfnissen Rechnung zu tragen, sind in diesem Teil des Buches eine größere Zahl von Kristallformen angegeben, wenn es sich auch im allgemeinen empfehlen dürfte, außer den Grundformen verhältnismäßig wenig andere heranzuziehen.

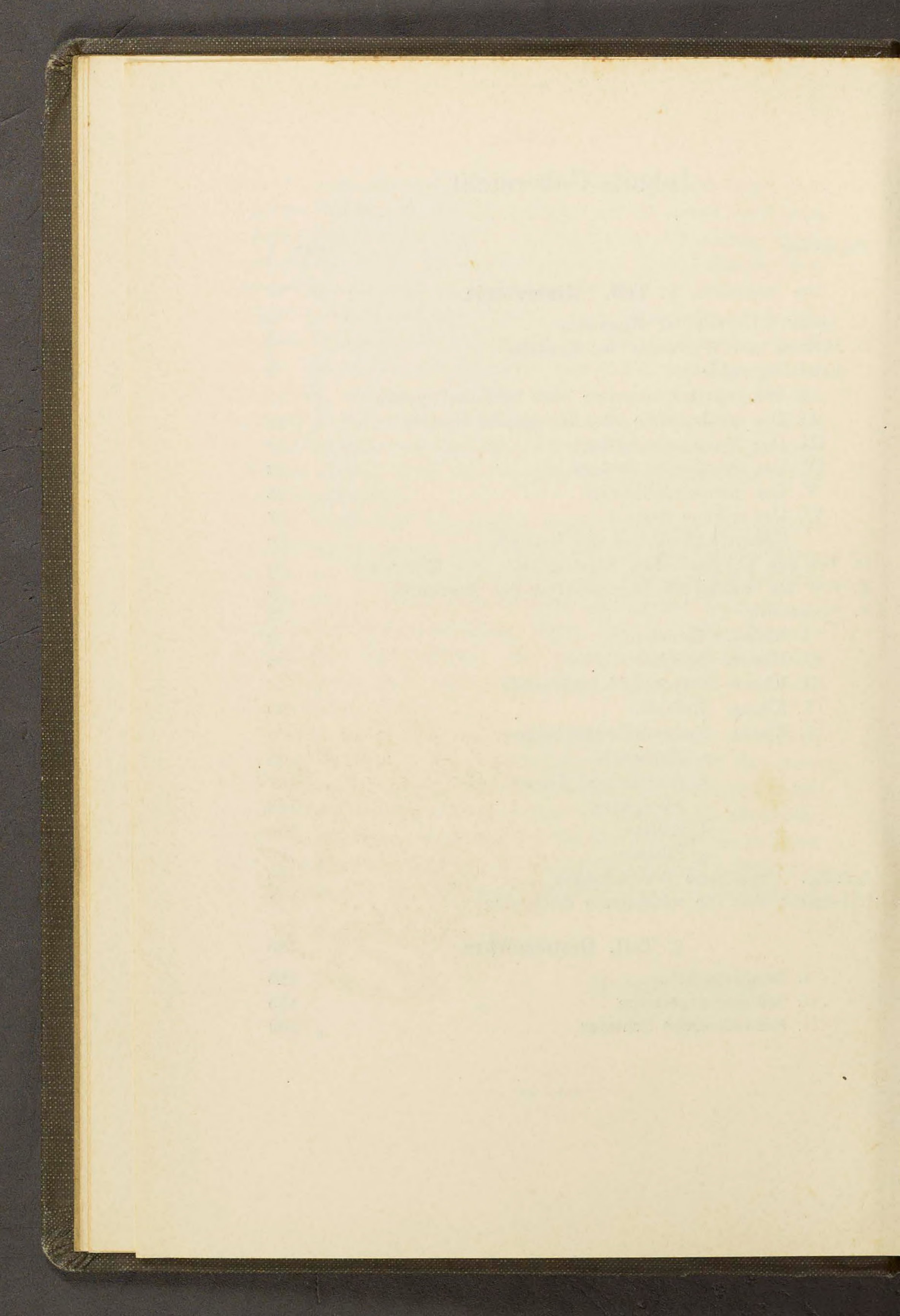
Im ersten Teil des Buches werden nur jene geologischen Momente berücksichtigt, welche ohne weiteres dem Lernenden verständlich sein können. Ich zog es vor, die einzelnen Kapitel nicht zu unterbrechen durch ausgedehntere geologische Erörterungen, welche leicht den Zusammenhang stören und den Ueberblick über den Stoff erschweren würden. Eine zusammenfassende Darstellung des geologischen (und paläontologischen) Stoffes wird der zweite Teil des Buches bringen.

Meines Wissens ist vorliegendes Buch das erste, welches in größerem Umfange farbige Textfiguren bringt. Durch das weitgehende und bereitwillige Entgegenkommen des Verlegers wurde es ermöglicht, daß eine erhebliche Zahl von Abbildungen mit großer Naturtreue gebracht werden konnten. Da es vielen Schulen an guten Sammlungsstücken mangelt, hielt ich es für notwendig, möglichst viel Abbildungen von charakteristischen Mineralien zu bringen.

Zwickau i. S., April 1904.

Bastian Schmid.

Inhalts-Uebersicht.



Einleitung.

Die Mineralien gehören im Gegensatz zur Tier- und Pflanzenwelt der **unbelebten** oder **unorganischen** Natur an.

Damit ist jedoch nicht gesagt, daß das ganze leblose Reich mit dem Namen Mineralreich belegt werden könnte. Eine Menge von Körpern, die in das reiche Gebiet unorganischer Natur hineingehören, sind von dem engeren Felde „Mineralogie“ auszuschließen, wie z. B. die in der Atmosphäre vorkommenden dampf- und luftförmigen Körper, tierische Produkte, wie sie von Korallen, Weichtieren (Muschelschalen) und von Wirbeltieren (Knochen, Zähne) herrühren. Ferner sind alle durch die Kunstfertigkeit des Menschen hervorgebrachten Industrie-Erzeugnisse, selbst dann, wenn sie den in der Natur vorkommenden gleichen, ja streng genommen sogar die von einer untergegangenen Pflanzenwelt stammenden Produkte, wie Stein- und Braunkohlen, Bernstein etc. aus dem Gebiete der Mineralogie auszuscheiden. Aber auch die Gesteine (Granit, Basalt, etc.), welche aus **Gemengen von einzelnen Mineralien bestehen**, nicht homogen (gleichartig) sind und verschiedene chemische Zusammensetzung haben, gehören nicht zur Mineralogie im engeren Sinne; sie sind in das Gebiet der Petrographie oder Gesteinslehre zu verweisen.



Fig. 1. Vergrößerter Dünnschliff.

Gewöhnlich sind solche Gemengteile leicht zu unterscheiden, wie z. B. bei dem Granit. Da sind es das glasartige Aussehen des Quarzes, der metallische Perlmutterglanz des Glimmers und die weißgelbe bis fleischrote Farbe des Feldspates, die uns sofort sagen, daß wir es hier mit keinem gleichartigen Gebilde zu tun haben.

Der vergrößerte Dünnschliff (Fig. 1) zeigt grüne Olivine und farblose Feldspatkristalle in einer feinkörnigen, aus Augit und Magneteisen bestehenden Grundmasse.

Es ergibt sich nun nach obigem folgende Einteilung:

1. Mineralogie im engeren Sinne (einfache Mineralien),
2. Mineralogie im weiteren Sinne, Gesteinslehre (gemengte Mineralien).

Mineralien im engeren Sinne nennt man homogene, unorganische Naturkörper, die ohne Zutun menschlicher Kunst und ohne Mitwirkung von organischen Wesen entstanden sind, und die eine bestimmte, in allen ihren kleinsten Teilchen gleichmäßige chemische Zusammensetzung haben.

Wie alle Naturkörper so können auch die Mineralien nach verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden. Die Mineralogie beschäftigt sich mit der äußeren Gestalt, den physikalischen und chemischen Eigenschaften sowohl als auch mit der Frage nach dem Werden und Vergehen, dem Bilden und Umbilden, dem Vorkommen und Nebeneinandervorkommen der Mineralien.

Alle diese eben hier berührten Gebiete fallen in das Bereich der allgemeinen Mineralogie; der spezielle Teil beschäftigt sich unter Berücksichtigung obiger Fragen mit den einzelnen Individuen.

---

1. Teil: Mineralogie.

A. Äußere Gestalt der Mineralien.

Während der tierische und pflanzliche Körper aus zahlreichen Elementarorganismen, den Zellen, aufgebaut ist, wie uns ein Blick in das Mikroskop zeigt, findet sich beim Mineral trotz stärkster Vergrößerung kein Anzeichen einer Zusammensetzung aus kleinen Bausteinchen. Unser Auge begegnet in allen Teilen des Objektes einer gleichartigen Masse. Hierin gleichen sich alle Mineralien; in der äußeren Gestalt dagegen liegen sehr große Unterschiede.

Häufig haben wir es mit zufälligen, unbestimmten Formen zu tun, wie sie durch Verwitterung oder durch den Transport im Wasser oder irgend eine mechanische oder chemische Zerstörung entstanden sind. Es sind auch nicht wie bei den Organismen die Individuen derselben Art an eine bestimmte Form oder gar etwa Größe gebunden. Sehen wir übrigens näher zu, dann zeigt sich meistenteils, daß das

einzelne Individuum nur scheinbar ein solches ist. Gewöhnlich sind zahlreiche Individuen, mitunter solche von mikroskopischer Kleinheit zusammengedrängt, so daß die verzerrten, verkrüppelten Gestalten den Eindruck regelloser Flächen ergeben. Eine freie Formausbildung der einzelnen konnte nicht zustande kommen, vielmehr mußten notwendigerweise Hemmungen eintreten. Beispiele für verschiedene Qualität der Formausbildung sind Kalkspatdrusen, körniger und dichter Kalkspat. Mineralien, die derartig gehemmte Individuen (wie körniger Kalkspat) aufweisen, nennen wir kristallinische, solche, die regelmäßig ausgebildete Formen zeigen, nennen wir **kristallisiert**. Im Gegensatz zu diesen gibt es, eine kleine Gruppe von Mineralien (Opal, Obsidian und Bernstein), welche niemals Kristallform aufweisen, ja nicht einmal den Ansatz zu solcher erkennen lassen; man nennt sie **amorph oder gestaltlos***) (Fig. 2). Zu diesen rein äußerlichen Unterschieden kommen noch, wie wir später sehen werden, physikalische Verschiedenheiten.

Die Individualität tritt uns besonders scharf ausgeprägt im Kristall entgegen. Als solcher besitzt das Mineral eine regelmäßige Gestalt, es weist eine in gesetzmäßiger Weise ringsum abgeschlossene, von ebenen Flächen begrenzte Form auf.



Fig. 2. Grüner Opal.

Trotzdem die mikroskopische Betrachtung eines Kristalls keinerlei Strukturverhältnisse andeutet, ist man gezwungen, ihn als ein regelmäßiges Bauwerk anzunehmen, das aus kleinen, nicht sichtbaren Massenteilchen, den sogenannten Molekülen besteht. Stellt man Kristalle auf künstlichem Wege her, so sieht man, dass die kleinste, mit dem Mikroskop eben wahrnehmbare Anlage bereits Flächen, Kanten und Ecken besitzt, und daß dieser Keim in der Lage ist, durch gleichmäßige Anlagerung kleinster Teile die Gestalt zu wiederholen, die Massenteilchen parallel anzulagern. Das Wachstum erfolgt also von außen her, im Gegensatz zu Tier und Pflanze, welche Nahrung aufnehmen, die erst im Innern verwandelt wird.

Eine derartige regelmäßige Anordnung der kleinsten Teilchen können wir bei den amorphen Körpern nicht annehmen. Im Gegenteil, dort hat

*) Ein beliebtes Beispiel, das uns die drei Zustände des Minerals, den amorphen, kristallinischen und kristallisierten zeigt, ist der Zucker, als Gerstenzucker, Melis und Kandiszucker.

man sich eine regellose Lagerung zu denken. Kühlt man Schwefel, der auf 240 Grad erhitzt wurde, rasch ab, so finden die Moleküle nicht Zeit, sich regelmässig zu lagern, und wir erhalten einen Körper, der sich in keiner Weise kristallisiert zeigt, ja dieser Schwefel erweist sich nicht einmal als körnig oder faserig.

B. Bildung und Wachstum der Kristalle.

Wenn wir uns die Frage vorlegen, auf welche Weise die Kristalle entstehen und entstanden sind, so ergeben sich an der Hand verschiedener Experimente wenigstens für manche Entstehungsweisen wichtige Anhaltspunkte, auf Grund deren man zu der Ueberzeugung kam, daß sich die Kristalle 1. aus wässerigen Lösungen absetzen, oder 2. sich aus Dämpfen niederschlagen, oder 3. im Schmelzfluß erstarren.

1. Nimmt man fein gepulvertes Kaliumnitrat (oder Alaun) und bringt man von demselben mittelst eines Löffels so viel in siedendheißes Wasser als sich eben löst, und umgibt man sodann das Gefäß mit einem schlechten Wärmeleiter, so hält sich die Lösung lange heiß, und die Kristalle haben Zeit genug, um sich zu prachtvollen, regelmäßig gestalteten Exemplaren auszubilden.

Oder man überläßt eine halb gesättigte Lösung Kali-Salpeter einer nach und nach vor sich gehenden Verdunstung. In dem Maße, als die Flüssigkeit abnimmt, schreitet die Kristallbildung vorwärts, und die Bildungen werden um so regelmäßiger, je langsamer und ungestörter der Prozeß vor sich geht.

In beiden Fällen kann also beobachtet werden, daß die Regelmäßigkeit der Bildung von ihren Zeitverhältnissen abhängig ist. Starke Abkühlung und rasches Verdunsten ist von großem Nachteil für die Vollkommenheit der Bildung, ja es können unter diesen Umständen, wie wir hörten, nur kristallinische oder auch amorphe Produkte erzeugt werden.

Die beiden Prozesse, Temperaturwechsel und Verdunstung und ihre Folgen finden in salzhaltigen Seen statt; so scheiden die ägyptischen Natronseen und die Boraxseen in Tibet mehr oder minder vollkommene Kristalle aus.

Das in die Erde eindringende Wasser belädt sich mit mannigfaltigen Stoffen, die an verschiedenen Stellen und in Höhlungen wieder abgesetzt werden.

Eine andere Bildungsweise, die ebenfalls auf Ausscheidung der kristallisierten Substanz aus der Flüssigkeit beruht, ist folgende. Läßt man zwei Lösungen von verschiedenen Salzen aufeinander einwirken, so entsteht ein dritter, schwerlöslicher Körper in um so schöneren Kristallen, je langsamer der Prozeß vor sich geht. Man nehme Kaliumsulfat und Kalziumnitrat, löse die beiden Salze in Wasser und zwar in der Weise, daß man von letzterem eine konzentriertere Lösung herstellt. Hierauf gieße man das schwerere Nitrat vorsichtig auf das Sulfat, und man kann nach einiger Zeit an der Berührungsstelle eine Trübung bemerken. Es sind das weiße Flocken (Gips), die zu größeren Kristallen heranwachsen. In der Natur bildet sich Schwerspat ($BaSO_4$) u. a. dadurch, daß Wasser, welches Chlorbarium oder Baryumnitrat gelöst enthält, mit einer anderen, Gips in Lösung führenden Flüssigkeit zusammentrifft.

2. Bringen wir Jod in ein Reagenzglas, und erwärmen wir dasselbe gelinde, so steigen violette Dämpfe auf, die sich an den kühleren Stellen des Gläschens in Form von Kristallen abscheiden. Dieser Vorgang findet im großen in den Riesenkaminen der Erde, den Vulkanen, statt, wo sich in Dampfform übergegangene Substanzen absetzen. Selbstredend wirken auch verschiedene Gase aufeinander ein, um sich zu einer neuen Verbindung in Kristallform zusammenzufinden.

Durch Zusammenschmelzen von Schwefel und Kupfer entsteht Schwefelkupfer; Schwefel und Eisenfeilspäne erhitzt, gibt Schwefeleisen.

3. In der Lava und anderen schmelzflüssigen Massen bilden und bildeten sich Kristalle von Leuzit, Augit, Feldspaten, Magneteisen etc.

Aus Schlacken scheiden sich beim Erkalten häufig Silikatkristalle aus.

Die oben angegebenen Merkmale würden noch nicht ausreichen, um einen richtigen Begriff vom Kristall zu geben. Die Definition ist auch noch unvollständig, wenn wir sagen: der Kristall ist von ebenen Flächen begrenzt, die bestimmte Winkel bilden und die sich in geradlinigen Kanten schneiden. Wir müssen schon jetzt darauf hinweisen, daß eine regelmäßige Beziehung zwischen Form und Substanz des Kristalls besteht. Wenn wir z. B. dem Glas durch Schleifen geometrische Formen geben, so haben wir es mit keinem natürlichen Kristall zu tun und daher auch mit keiner Form, die mit

der Substanz in einem gesetzmäßigen Zusammenhang stände. Glas bildet niemals Kristalle.

Was ist nun ein Kristall?

Kristall nennen wir einen unorganisierten Naturkörper, der von ebenen, unter bestimmten Winkeln sich schneidenden Flächen begrenzt ist, und dessen Form mit seinen physikalischen Eigenschaften in gesetzmäßigem Zusammenhang steht.

C. Kristallographie.

Weitaus die größte Mehrzahl der Kristalle zeigt eine nur unvollkommene Ausbildung der Flächen. Aber auch die gut entwickelten sind keine geometrisch reinen Formen. Sehr oft ist es der Fall, daß die einzelnen Flächen ungleichmäßige Zufuhr von Mineralsubstanz bekommen, namentlich dann, wenn sich der Kristall auf einer Unterlage bildet. Durch solche ungleichmäßige Auflagerungen entsteht z. B. an Stelle eines Würfels ein rechteckiges Prisma oder eine rechteckige Tafel. Die Gestalt und Ausdehnung der Flächen kann demnach verschieden sein; es können manche Flächen fehlen, aber niemals ändert sich die Lage der Flächen zu den Achsen. Die Winkel, unter denen sich Flächen und Kanten schneiden, bleiben stets dieselben. (Versuche mit dem Goniometer!)

Was wir nun in folgendem behandeln, das sind die streng geometrischen Verhältnisse idealer Gestalten.

Nach rein morphologischen Gesichtspunkten betrachtet, können an einem Kristall Flächen, Kanten und Ecken unterschieden werden.

Flächen sind Begrenzungsebenen des Kristalls.

Kanten sind Linien, die durch das Zusammentreffen zweier Flächen entstehen.

Ecken sind Punkte, die durch das Zusammentreffen von mindestens drei Kanten entstehen.

Je zwei aneinander grenzende Flächen schließen einen Winkel ein.

In nachfolgendem werden wir die Kristalle in Systeme einteilen; der Einteilungsgrund wird uns durch den Grad der Symmetrie der einzelnen Formen gegeben.

Eine Symmetrieebene ist eine Ebene, welche den Kristall derart in zwei Teile teilt, daß die eine Hälfte

das Spiegelbild der anderen wird. Die Flächen und Winkel der einen Seite müssen denen der andern entsprechen.

Nebenstehende Fig. 3 zeigt uns einen Würfel mit der größten Zahl der an ihm möglichen Symmetrieebenen, nämlich neun. Wir fassen nun alle Kristalle, die eine bestimmte Anzahl von Symmetrieebenen aufweisen, in Gruppen, in sogenannte Kristallsysteme zusammen und erhalten, da wir an einem vollflächigen Kristall 9, 7, 5, 3, 1, oder 0 S. E. (Symmetrieebenen) unterscheiden, 6 Klassen:

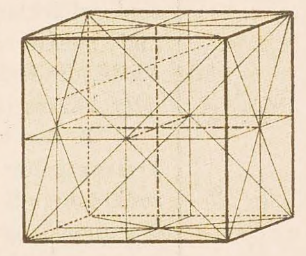


Fig. 3.

1. Das reguläre System mit 9 S. E.
2. Das hexagonale System mit 7 S. E.
3. Das quadratische System mit 5 S. E.
4. Das rhombische System mit 3 S. E.
5. Das monokline System mit 1 S. E.
6. Das trikline System mit 0 S. E.

Die Hauptsymmetrieebene ist eine Ebene, auf der mehrere gleichartige S. E. stehen.

In jedem System treten uns verschiedene Formen entgegen, die sich durch die Lage der Flächen voneinander unterscheiden. Die Lage der Flächen wird dadurch bestimmt, daß man dieselben auf Achsen, das sind gedachte gerade Linien, die sich im Mittelpunkte des Kristalls schneiden, bezieht.

Die Normale auf einer H. S. E. heißt Hauptachse.

Berücksichtigen wir nun die relative Länge, die Zahl und Lage der Achsen, so ergibt sich folgendes:

3 H. S. E. { 1. Das reguläre System mit 3 gleichlangen und gleichwertigen, rechtwinklig aufeinander stehenden Hauptachsen (a), 3 Hauptsymmetrieebenen und 6 Symmetrieebenen (Fig. 4).

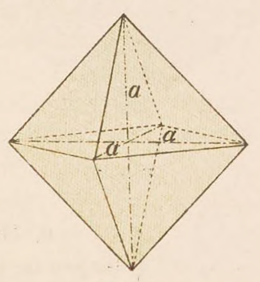


Fig. 4.

1 H. S. E.

2. Das quadratische System mit 3 aufeinander senkrecht stehenden Achsen (1 H. S. E. und 4 S. E. senkrecht auf der Hauptebene). Zwei Achsen sind gleichlang und gleichwertig und heißen Nebenachsen (a), die dritte, die Hauptachse (c), ist länger oder kürzer (Fig. 5).

Fig. 5.

3. Das hexagonale System mit 1 Hauptachse (1 H. S. E. und 6 S. E. senkrecht auf der Hauptebene) und 3 gleichlangen, gleichwertigen, in einer Ebene liegenden Nebenachsen (a), die sich unter einem Winkel von 60 Grad schneiden. Die Hauptachse steht zu den Nebenachsen senkrecht und ist kürzer oder länger (Fig. 6).

0 H. S. E.

4. Das rhombische System (3 aufeinander senkrechte S. E.) mit 3 ungleich langen, aufeinander rechtwinkligen Achsen. Jede kann Hauptachse sein (a, b, c). (Fig. 7.)

Fig. 6.

5. Das monokline System (1 S. E.) mit 3 ungleich langen Achsen. Zwei (a, c) schneiden sich unter einem schiefen Winkel (β), die dritte (b) steht auf beiden senkrecht (Fig. 8).

Fig. 7.

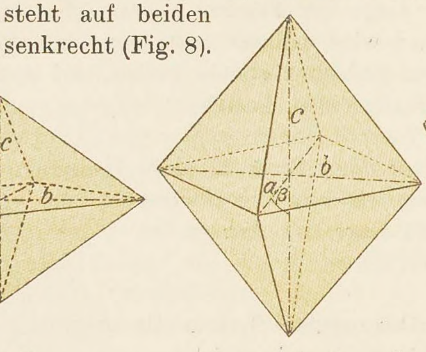


Fig. 8.

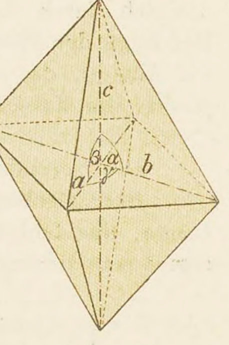


Fig. 9.

6. Das trikline System (ohne S. E.) mit 3 ungleich langen (a, b, c), unter schiefen Winkeln sich schneidenden Achsen (Fig. 9).

Jede Fläche bringt an den Achsen Abschnitte hervor, welche Parameter genannt werden (Fig. 10).

In nebenstehender Figur haben wir es mit der Fläche eines regulären Oktaeders zu tun; das Achsenkreuz ist so gedacht, daß eine Achse senkrecht und eine der beiden Horizontalen auf den Beobachter gerichtet ist. Die 3 Achsen schneiden sich rechtwinklig und werden von der Fläche A B C in gleicher Entfernung vom Achsenmittelpunkte (M) geschnitten. Demnach ist MA = MB = MC. Die von der Oktaederfläche getroffenen Abschnitte (Parameter) verhalten sich, da MA = a, wie 1 : 1 : 1 oder wie a : a : a. Dasselbe ist bei allen Flächen des Oktaeders der Fall. Schneidet eine Fläche an einer der 3 Achsen ein zweimal so großes Stück ab als von den beiden andern, so drücken wir das Verhältnis durch 1 : 1 : 2 (a : a : 2a) aus. Die Flächen des Würfels schneiden nur eine Achse und gehen den beiden andern parallel oder treffen sie erst in unendlicher Entfernung. Das Parameterverhältnis ist a : ∞ a : ∞ a (∞ Zeichen für unendlich).

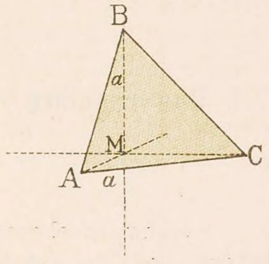
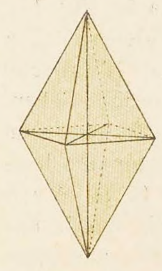
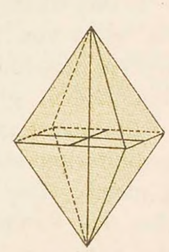
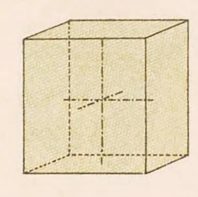


Fig. 10.


Fig. 11.


Fig. 12.


Fig. 13.

Jede Fläche liegt an einem Achsenkreuz, so daß sie

1. **alle** Achsen schneidet oder bei entsprechender Verlängerung schneiden könnte (Fig. 11) oder

2. nur **zwei** Achsen schneidet und einer parallel geht (Fig. 12) oder

3. nur **eine** Achse schneidet und den andern parallel geht (Fig. 13).

I. Das reguläre, tesserale oder kubische System.

(tessera, Würfel.)

9 Symmetrieebenen, 3 gleiche, aufeinander senkrecht stehende Achsen. Jede der 3 Achsen kann als Hauptachse angesehen werden.

a. Vollflächner oder Holoeder,

das sind Kristallformen, welche die volle Zahl der Flächen und die für das System charakteristischen Symmetrieebenen besitzen.

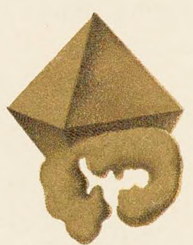


Fig. 14. Goldkristall aus Kalifornien.

1. **Das Oktaeder** (okta = acht, Fig. 14). Dieses wird von 8 gleichen, gleichseitigen Dreiecken umschlossen und hat 12 gleiche Kanten und 6 gleiche vierkantige Ecken. Alle 8 Flächen zeigen gleiche Entfernung vom Achsenmittelpunkte. Die Parameter sind demnach gleich. Der Mineraloge C. S. Weiß drückte das Parameterverhältnis durch das Symbol a : a : a aus. Eine andere Bezeichnungsweise hat der Mineraloge K. F. Naumann eingeführt. Er drückte die Gesamtheit der acht Flächen durch das Zeichen O aus. In Oktaederform kristallisieren z. B. Gold (Fig. 14), Silber, Magneteisenstein.

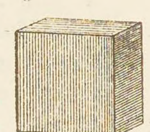


Fig. 15. Schwefelkies.

2. **Der Würfel** oder das Hexaeder (Sechsflächner) wird von 6 Quadraten begrenzt und hat 12 gleiche Kanten, von denen je 3 zu einer Ecke zusammenstoßen. Demnach besitzt er 8 solcher Ecken. Jede Fläche schneidet nur eine Achse und geht den beiden andern parallel. $a : \infty a : \infty a$ oder $\infty O \infty$ (Naumann leitet den Würfel vom Oktaeder ab, daher das „O“). Flußspat, Schwefelkies (Fig. 15), Steinsalz.

3. **Das Rhombendodekaeder** (dodeka = zwölf, Fig. 16) oder Granatoeder wird von 12 gleichen Rhomben begrenzt. Ferner hat es 24 gleiche Kanten und 6 vierkantige und 8 dreikantige Ecken (Oktaeder und Würfelecken). Jede Fläche schneidet 2 Achsen in gleicher Entfernung vom Achsenmittelpunkte und geht der dritten parallel. a : a : ∞ a oder ∞ O. Almandin (Fig. 17), Rotkupfererz.

4. **Das Triakisoktaeder** (triakis = dreimal) oder Pyramidenoktaeder (Fig. 18) mit 24 gleichschenkligen Dreiecken, 36 Kanten (12 längere und 24 kürzere) und 14 Ecken (8 dreikantig, 6 vier-

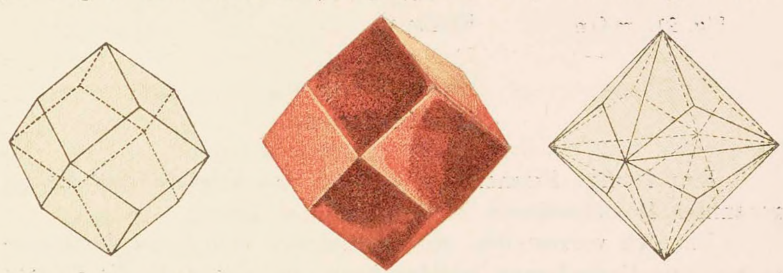


Fig. 16. ∞ O Fig. 17. Almandin aus Tirol. Fig. 18. m O

und vierkantig). Jede Fläche schneidet 2 Achsen in gleicher und die dritte in größerer Entfernung ma, wobei m = 2 oder 3 u. s. w. sein kann; daraus geht hervor, daß es verschiedene Triakisoktaeder geben kann, hingegen ist nur ein Oktaeder, ein Würfel, ein Rhombendodekaeder möglich. Das Zeichen für das Triakisoktaeder ist

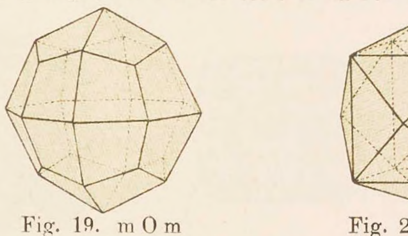


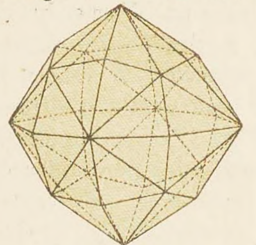
Fig. 19. m O m Fig. 20. ∞ O n

a : a : ma oder mO. Im Triakisoktaeder kristallisiert der Diamant.

5. **Die Ikositetraeder** (eikosi = zwanzig, tetra = vier). 24 gleiche Deltoide, 48 Kanten, nämlich 24 längere und 24 kürzere und dreierlei Ecken, 6 vierkantige, 8 dreikantige und 12 zwei- und zweikantige. Jede Fläche schneidet eine Achse in der einfachen Entfernung a und die andere in der Entfernung ma, m kann 2 oder 3 sein. Das Symbol heißt a : ma : ma oder m O m. Granat (Fig. 19).

6. **Die Tetrakishexaeder** oder der Pyramidenwürfel. 24 gleichschenklige Dreiecke, 12 längere und 24 kürzere Kanten, 6 vier-

kantige und 8 drei- und dreikantige Ecken. Jede Fläche schneidet eine Achse in der Entfernung a, eine zweite in n a . n = 2 und geht der dritten parallel. a : n a : ∞ a oder ∞ O n (Fig. 20).


Fig. 21. m O n

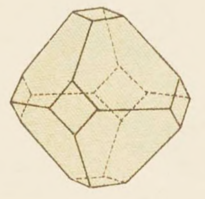
7. **Die Hexakisoktaeder** (Achtundvierzigflächner) haben 48 ungleichseitige Dreiecke, 72 Kanten und 26 Ecken (Fig. 21). Jede Fläche schneidet alle 3 Achsen in ungleichen Entfernungen. a : m : n a oder m O n. Flußspat.

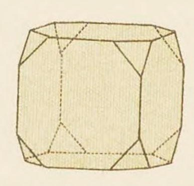
Kombinationen.

Eine häufige Erscheinung im Reich der Kristalle sind die sogenannten Kombinationen.

Um sich vorzustellen, wie geometrisch eine Form durch eine andere eine Veränderung erleiden kann, wie also z. B. die Flächen des einen Körpers gewisse Stücke fortschneiden, denke man sich die beiden Körper in paralleler Stellung und berücksichtige genau die Lage der Kanten und Ecken.

Die Kanten und Ecken werden „abgestumpft“ oder „zugespitzt“ oder „zugeschärft“. Im ersteren Falle tritt eine neue Fläche auf, im letzteren eine stumpfere Ecke oder Kante. Betrachten wir nun die hauptsächlichsten Kombinationen des regulären Systems und legen wir dabei als Träger (Grundform) das Oktaeder, den Würfel und das Rhombendodekaeder zugrunde.


Fig. 22. O . ∞ O ∞


Fig. 23. ∞ O ∞ . O

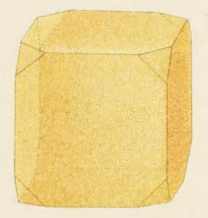

Fig. 24. Fluorit von Gersdorf in Sachsen.

Fig. 22. Der Würfel stumpft dem Oktaeder die Ecken ab. O . ∞ O ∞.

Fig. 23. Das Oktaeder stumpft dem Würfel die Ecken ab. ∞ O ∞ . O. Fluorit (Fig. 24).

Fig. 25. Das Triakisoktaeder schärft dem Oktaeder die Kanten zu. O . m O.

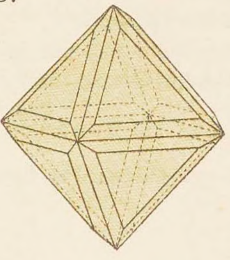


Fig. 25. O . m O

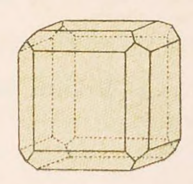


Fig. 26. ∞ O ∞ . ∞ O

Fig. 26. Das Rhombendodekaeder stumpft dem Würfel die Kanten ab. ∞ O ∞ . ∞ O.

Fig. 27. Das Rhombendodekaeder stumpft dem Oktaeder die Kanten ab. O . ∞ O.

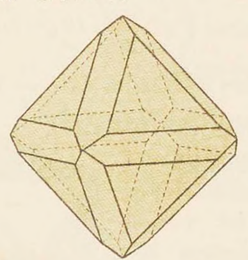


Fig. 27. O . ∞ O

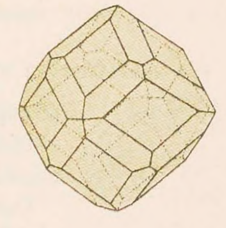


Fig. 28. ∞ O . m O m

Das Hexakisoktaeder spitzt dem Würfel die Ecken doppelt zu. ∞ O ∞ . m O n.

Fig. 28. Das Ikositetraeder stumpft dem Rhombendodekaeder die Kanten ab. ∞ O . m O m.

b. Hemieder oder Halbflächner.

Bei diesen Formen fallen eine oder mehrere Gruppen gleichwertiger Symmetrieebenen fort. Man stelle sich vor, daß die eine Hälfte der Flächen ausfällt, während sich die andere stärker ausdehnt.

Entsprechend den Symmetrieverhältnissen des Systems (3 Hauptsymmetrieebenen und 6 S. E.) sind auch nur 3 Arten von Halbflächigkeit möglich.

1. Es können die 3 H. S. E. ausscheiden.

2. Es fallen die 6 S. E. fort.

3. Es kommen alle 9 S. E. in Wegfall.

Im ersten Falle verändert sich z. B. das Oktaeder.

Wenn man sich beim Oktaeder (Fig. 29) 4 sich nur in den Ecken berührende Flächen in der Weise ausgedehnt denkt, daß die übrigen 4 Flächen verschwinden, dann erhält man ein Tetraeder. $\frac{O}{2}$ oder 1/2 (a : a : a). Dehnen sich die weiß gelassenen Flächen (Fig. 29)

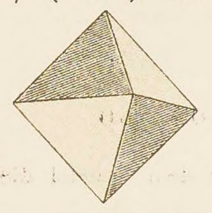


Fig. 29. O

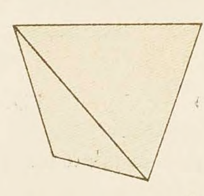


Fig. 30. $+\frac{O}{2}$

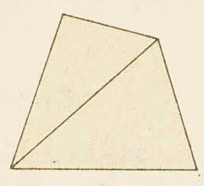


Fig. 31. $-\frac{O}{2}$

stärker aus, dann entsteht das positive $\left(+\frac{O}{2}\right)$ (Fig. 30), dehnen sich die schraffierten aus, das negative Tetraeder $\left(-\frac{O}{2}\right)$ (Fig. 31). (Haupttetraeder, Gegentetraeder.)

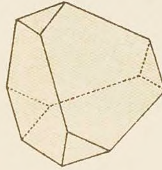


Fig. 32.
$+\frac{O}{2}-\frac{O}{2}$

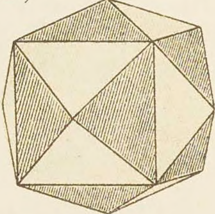


Fig. 33.

Die Bezeichnung positiv und negativ ist eine willkürliche. Das Tetraeder ist von 4 gleichseitigen Dreiecken begrenzt. Es hat 6 gleiche Kanten und 4 dreiflächige Ecken. Die Achsen verbinden die Mittelpunkte zweier gegenüberliegender Kanten. Bei der tetraedrischen Hemiedrie fehlt ein Zentrum der Symmetrie. Den Flächen fehlen die parallelen Gegenflächen (Fahlerz, Borazit).

Kombinationen der tetraedrisch-hemiedrischen Kristallformen kommen nur mit hemiedrischen Formen zerstreut vor. Tetraeder und Gegentetraeder stumpfen sich die Ecken ab (Fig. 32).

$$+\frac{O}{2}-\frac{O}{2}.$$

Läßt man am Pyramidenwürfel (Fig. 33) die halbe Zahl der Flächen, in unserem Falle die weiß gelassenen, stärker wachsen, so daß die andern verschwinden, so entsteht das Pentagondodekaeder (Fig. 34).

Im umgekehrten Falle entsteht Fig. 35. Das Pentagondodekaeder (pentagonos, fünfeckig), wegen seines Auftretens am Pyrit (Schwefelkies) auch Pyritoeder genannt, wird von 12 Fünfecken

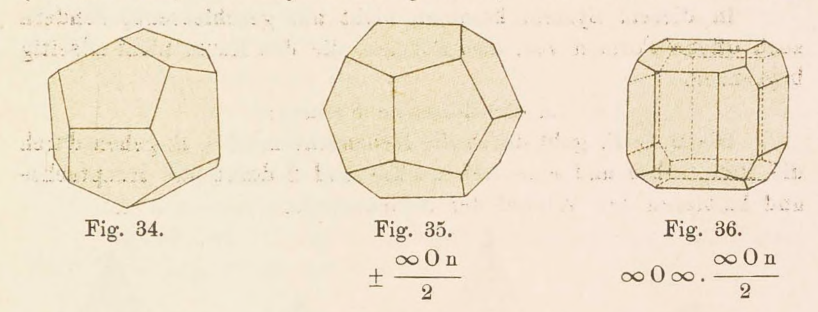


Fig. 34. Fig. 35. $\pm \frac{\infty O n}{2}$ Fig. 36. $\infty O \infty . \frac{\infty O n}{2}$

umschlossen. Es hat 6 längere und 24 kürzere Kanten und 20 Ecken. Die Achsen verbinden die Mitten der gegenüberliegenden langen Kanten. Ein Zentrum der Symmetrie ist vorhanden. Die Flächen haben parallele Gegenflächen.

Kombinationen.

Dem Würfel werden durch die Flächen des Pentagondodekaeders die Kanten abgestumpft. $\infty O \infty . \frac{\infty O n}{2}$. (Fig. 36.)

II. Das quadratische oder tetragonale System.

5 Symmetrieebenen, drei aufeinander senkrechte Achsen, von denen die 2 Nebenachsen einander gleich, also von der dritten, der Hauptachse, die länger oder kürzer sein kann, verschieden sind (Fig. 36).

Die Formen dieses Systems werden so aufgestellt, daß die Hauptachse vertikal steht und von den Nebenachsen die eine direkt auf den Beschauer gerichtet ist, und die andere horizontal verläuft.

Der Name quadratisch bezieht sich auf die quadratische (tetragonale) Figur, die sich ergibt, wenn man durch die Horizontalachsen eine Ebene legt.

a. Vollflächner.

In diesem System kommen nicht nur geschlossene, sondern auch offene Formen vor, also Formen, die den Raum nicht allseitig begrenzen.

a. Geschlossene Formen:

Die H. S. E. geht durch die Nebenachsen. 2 S. E. gehen durch die Hauptachse und eine Nebenachse und 2 durch die Hauptachse und halbieren den Winkel der Nebenachsen.

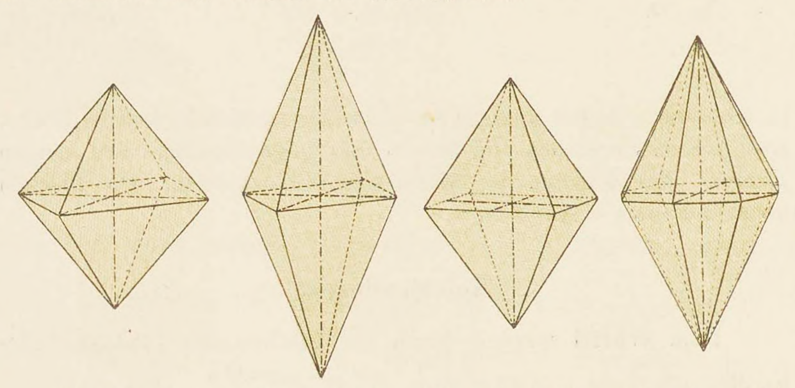


Fig. 37. P Fig. 38. 2 P Fig. 39. m P ∞ Fig. 40. m P n

1. Quadratische Pyramiden.
   - Pyramiden 1. Art oder Protopyramiden (Fig. 37 und 38).
   - Pyramiden 2. Art oder Deuteropyramiden (Fig. 39).
2. Achtseitige Pyramiden (Fig. 40).

b. Offene Formen:

1. Quadratische Prismen.
2. Achtseitige Prismen.
3. Die Basis.

Die quadratischen Pyramiden sind von 8 gleichschenkligen Dreiecken umschlossen. Sie haben zweierlei Kanten, 4 Basiskanten und 8 Polkanten und zweierlei Ecken, 4 Randecken und 2 Polecken.

a. Pyramiden erster Art:

Die Nebenachsen werden in gleicher Entfernung vom Achsenmittelpunkte geschnitten und gehen von Ecke zu Ecke. Bei ein- und demselben Mineral können verschiedene Protopyramiden vor-

kommen, jedoch lassen sie sich alle von einer Grundform a : a : c = P herleiten. In Pyramide (Fig. 38) verhält sich die Hauptachse zu der Achse der Grundform (Fig. 37) wie 2 : 1. Zeichen = 2 P. Zirkon, Zinnstein.

Pyramiden zweiter Art:

Jede Fläche schneidet nur die Hauptachse und eine Nebenachse und geht der andern Nebenachse parallel. Die Nebenachsen gehen durch die Mitte der Seitenkanten. a : ∞ a : m c = m P ∞ (Fig. 39).

Die achtseitigen Pyramiden:

Fig. 40 mit 16 ungleichseitigen Dreiecken, dreierlei Kanten, dreierlei Ecken. a : n a : m c = m P n.

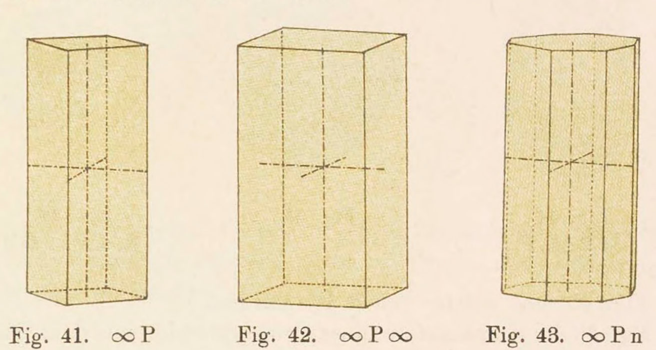


Fig. 41. ∞ P Fig. 42. ∞ P ∞ Fig. 43. ∞ P n

b. Unter den offenen Formen des quadratischen Systems sind zu unterscheiden:

1. Das Prisma 1. Art (Protoprisma) Fig. 41, ∞ P.
2. Das Prisma 2. Art (Deuteroprisma) Fig. 42, ∞ P ∞.
3. Das achtseitige Prisma, Fig. 43, ∞ P n.
4. Die Basis.

Die quadratischen Prismen sind von 4 Flächen umschlossen. Diese schneiden sich rechtwinklig, gehen der Hauptachse parallel und schneiden sie in unendlicher Entfernung.

Protoprisma ∞ P. 4 Kanten. Kantenwinkel 90°. (Eine Protopyramide mit unendlich langer Hauptachse.)

Das Deuteroprisma ∞ P ∞. 4 Flächen schneiden sich rechtwinklig und gehen der Hauptachse und einer Nebenachse parallel. (Abzuleiten von der entsprechenden Pyramide; die Hauptachse wird unendlich lang.)

Das achtseitige Prisma ∞ P n kann ebenfalls von der entsprechenden Pyramide abgeleitet werden, m wird ∞, statt n können

verschiedene Werte eintreten; daher sind verschiedene achtseitige Prismen möglich.

Die Basis $0P$ geht den Nebenachsen parallel. Sie kann als eine Protopyramide mit unendlich kleiner Hauptachse ($m = 0$) aufgefaßt werden. Sie tritt in den Figuren als die Endbegrenzung der Prismen auf.

Kombinationen.

Fig. 44 zeigt eine Kombination von Prisma zweiter Art und Pyramide erster Art. $\infty P \infty . P$.

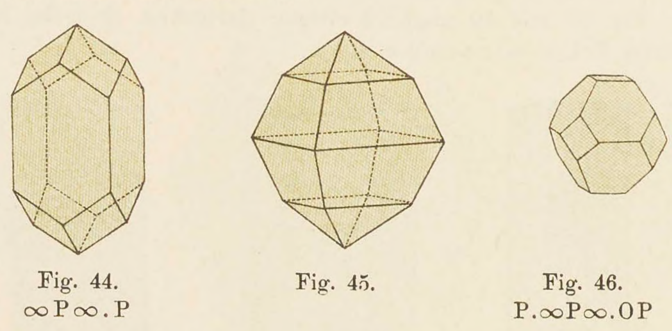


Fig. 44. $\infty P \infty . P$ Fig. 45. Fig. 46. $P . \infty P \infty . 0P$

Fig. 45 eine solche von 2 Pyramiden.

Fig. 46 die Kombination einer Protopyramide mit dem Deuteroprisma und der Basis (Apophyllit). $P . \infty P \infty . 0P$.

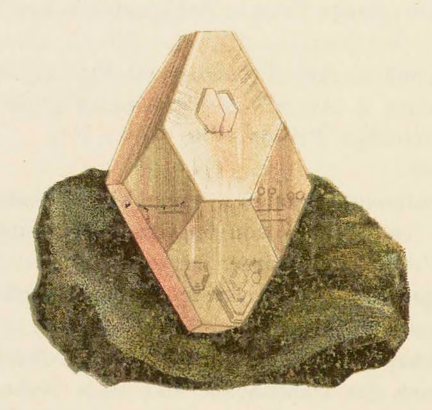


Fig. 47.

Fig. 47 zeigt uns den Apophyllit, ein auf Erzhügeln nicht seltenes Mineral. (Bestimme die Flächen!)

b. Halbflächner.

Im allgemeinen sind im quadratischen System die Hemiedrien seltener. Es sei hier nur auf eine typische Form, das Sphenoid (Keil), hingewiesen.

Fig. 48 und 49 zeigen uns eine Pyramide, von der man

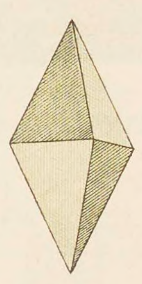


Fig. 48.

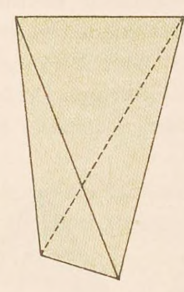


Fig. 49.

das positive oder negative von 4 gleichschenkligen Dreiecken umschlossene Sphenoid ableiten kann. (Vergl. die Ableitung des Tetraeders.) Kupferkies.

III. Das hexagonale System.

Eine Hauptachse, 3 gleiche, in einer Ebene liegende Achsen (a), die sich unter einem Winkel von 60 Grad schneiden. Die Hauptachse, welche länger oder kürzer als die Nebenachsen sein kann, steht auf diesen senkrecht. 7 Symmetrieebenen. Die H. S. E. steht auf der Hauptachse senkrecht und geht durch die Nebenachsen. Drei der S. E. gehen durch die Hauptachse und je eine Nebenachse, drei gehen durch die Hauptachse und halbieren den von zwei Nebenachsen gebildeten Winkel. Die Aufstellung der Formen ist ähnlich wie die bei dem quadratischen System. Die Hauptachse verläuft senkrecht, eine Nebenachse geht von rechts nach links. Auch bei diesem System unterscheiden wir geschlossene und offene Formen.

a. Vollflächner.

1. Geschlossene Formen:

Die Pyramiden erster Stellung. Sie sind von 12 gleichschenkligen Dreiecken begrenzt. Das Zeichen für die Grundform ist a : a : ∞ a : c oder P (vergl. quadratisches System). Allgemeines Zeichen für die übrigen Protopyramiden = a : a : ∞ a : mc oder mP. Die bekanntesten Beispiele liefert der Quarz.

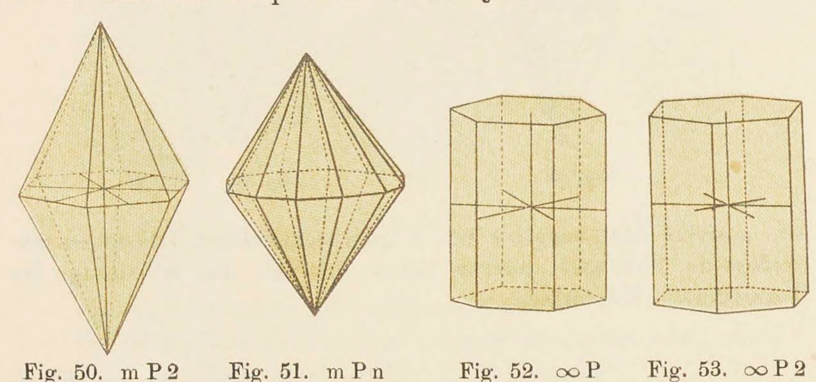


Fig. 50. m P 2 Fig. 51. m P n Fig. 52. ∞ P Fig. 53. ∞ P 2

Die Pyramiden zweiter Stellung. (Fig. 50.) Die Nebenachsen gehen durch die Mitte der Seitenkanten, im übrigen sind die Deuteropyramiden den Protopyramiden ähnlich. Jede Fläche schneidet alle 4 Achsen (eine Nebenachse in einfacher, die beiden andern in doppelter Entfernung) 2a : a : 2a : mc oder mP2.

Die zwölfseitigen Pyramiden sind von 24 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt und haben dreierlei Kanten und Ecken. a : ma : na : c = mPn (Fig. 51).

2. Offene Formen:

Sie lassen sich wie die quadratischen von den geschlossenen ableiten:

Das Protoprisma a : a : ∞ a : ∞ c oder ∞ P (Fig. 52). Kalkspat.

Das Deuteroprisma (Fig. 53) ∞ P 2 (m der Deuteropyramide wird ∞). Vergleiche Fig. 54, Korund.

Die zwölfseitigen Prismen (Fig. 55) ∞ P n. (Abzuleiten aus der entsprechenden Pyramide, m = ∞.)

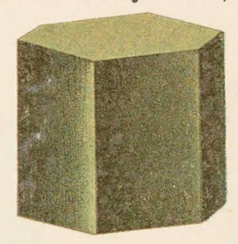


Fig. 54.
Gemeiner Korund.

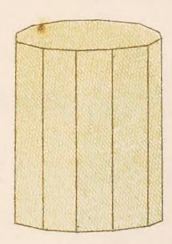


Fig. 55.
∞ P n

Die Basis oder Endfläche geht den Nebenachsen parallel und bildet in den Figuren die Endbegrenzung der Prismen. O P.

b. Halbflächner.

Im hexagonalen System sind die hemiedrischen Formen häufiger als die holoedrischen. Von den verschiedenen Möglichkeiten von Halbflächigkeit, welche übrigens nur die Protopyramiden und die zwölfseitige Pyramide betrifft, wollen wir nur die rhomboedrische Hemiedrie als die häufigste anführen.

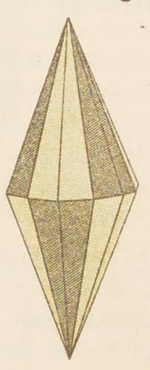


Fig. 56.

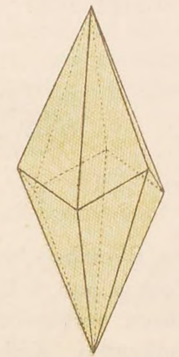


Fig. 56a. $\pm \frac{\text{m P n}}{2}$

Sie entsteht, wenn die H. S. E. aus den holoedrischen Formen austritt. Damit gehen auch die drei S. E., welche durch die Nebenachsen gehen, verloren.

Fig. 56a aus 56 abgeleitet, zeigt uns einen Halbflächner, der

positiv oder negativ gedacht werden kann; er führt den Namen Skalenoeder (skalenos, schief) und wird von 12 ungleichseitigen Drei-

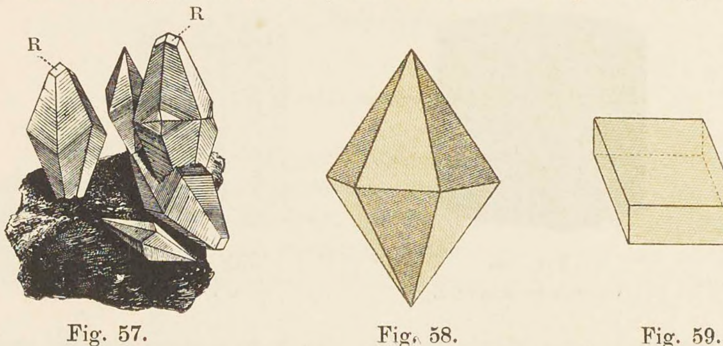


Fig. 57. Fig. 58. Fig. 59.

ecken begrenzt. Er hat ferner 18 (dreierlei) Kanten und 8 (zweierlei) Ecken. $\pm \frac{m P n}{2}$. Kalkspat (Fig. 57).

Aus der Protopyramide entsteht durch Ausdehnen der einen und Verschwinden der anderen Flächen **das Rhomboeder** (Fig. 58, 59, 59a). Auch hier sind wieder positive und negative Formen zu unterscheiden. Die Rhomboeder können, wie Fig. 59, 59a zeigen, spitz oder stumpf sein. Die Kristallform ist

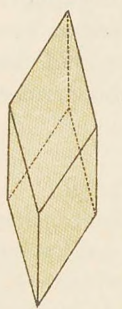


Fig. 59a.

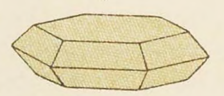


Fig. 60. O P . P

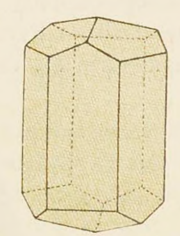


Fig. 61. ∞P . — 1/2 R

von 6 gleichen Rhomben begrenzt; sie besitzt 6 Pol- und 6 Randkanten, 2 Polecken und 6 Randecken. $\pm$ 1/2 (a : a : ∞ a : c) oder $\pm$ R. Die Nebenachsen verbinden die Mittelpunkte von 2 gegenüberliegenden Randkanten. Kalkspat. Man gibt dem Rhomboeder, das man von der Protopyramide ableiten kann, nach Naumann das besondere Symbol R ($\pm$ R).

Kombinationen.

Fig. 60 zeigt O P . P.

Fig. 61 ∞ P . — 1/2 R.

IV. Das rhombische System.

(Rhombus, Raute.)

Im rhombischen System gibt es drei Symmetrieebenen und drei aufeinander rechtwinklige, ungleiche Achsen. Die Hauptachse, als welche jede der Achsen gelten kann, bezeichnet man mit c; die längere der beiden Nebenachsen nennt man Makrodiagonale (b), die kürzere, auf den Beschauer gerichtete Brachydiagonale (a). Die Basis aller Formen dieses Systems ist ein Rhombus. (Name des Systems.) Auch in diesem System haben wir geschlossene Formen (rhombische Pyramiden) und offene (Prismen) zu unterscheiden.

1. Geschlossene Formen:

Die rhombischen Pyramiden werden von 8 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt. Sie besitzen vier Randkanten, 4 längere, schärfere, und 4 kürzere (stumpfere) Polkanten und 6 (dreierlei) Ecken. Die einmal gewählte Grundform bezeichnet man mit a : b : c oder P.

Von dieser Grundform ausgehend, sind zu unterscheiden:

a. Die Protopyramiden, von P durch die kürzere oder längere Vertikalachse unterschieden (a : b : mc) m P.

Ferner leiten sich ab

b. die Makropyramiden. a : nb : mc oder m $\bar{P}$n, von den Protopyramiden durch die n mal längere Makrodiagonale verschieden (— über P Zeichen der Länge).

c. Die Brachypyramiden na : b : mc oder m $\breve{P}$n. (⏑ Zeichen der Kürze.) Der Koefficient vor P bezieht sich stets auf die Vertikalachse, der nach P auf die Makro- oder Brachydiagonale.

2. Offene Formen:

Sie entstehen, wenn m oder n = ∞ oder m = 0 wird.

Wir unterscheiden:

Prismen und Domen (Doma, Dach).

Pinakoide (Pinax, Täfelchen).

a. Rhombische Säule oder das Prisma, Protoprisma ∞ P.

Fig. 62 zeigt die Entwicklung von der Protopyramide P durch 2 n 3 P zum Prisma ∞ P. Dazu die basische Endfläche 0 P.

Fig. 63 veranschaulicht die Entwicklung der Querpyramide zu dem Querdoma. P . $\bar{P}2\,\bar{P}3$ und $\bar{P}\infty$.

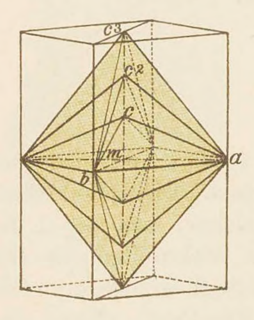


Fig. 62.

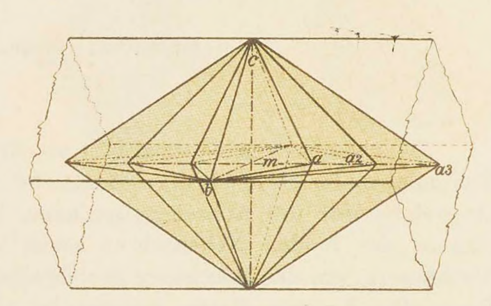


Fig. 63.

b. Die Makroprismen $\infty\bar{P}$n.

c. Die Brachyprismen $\infty\breve{P}$n. Die Makrodomen, Querprismen m$\bar{P}\infty$. Sie sind abzuleiten von m$\bar{P}$n (n wird ∞); die Brachydomen oder Längsprismen m$\breve{P}\infty$ von m$\breve{P}$n (n $= \infty$).

Fig. 64. Querprisma durch das Brachypinakoid oder die Längs-

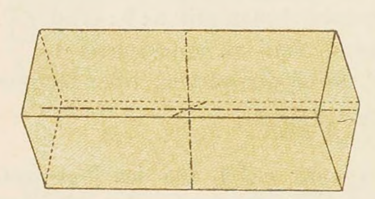


Fig. 64.

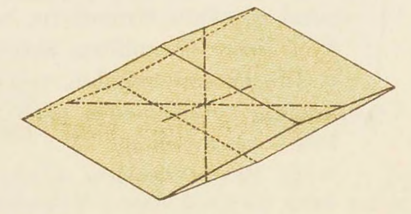


Fig. 65.

fläche geschlossen. Diese steht zu den Makrodomen in demselben Verhältnis wie die Basis zu den vertikalen Prismen.

Fig. 65. Längsprisma durch die Querfläche geschlossen. Diese steht zu dem Längsprisma in denselben Beziehungen wie die Längsfläche zu den Querprismen.

d. Die Pinakoide, welche von zwei 2 Achsen parallel gehenden Flächen begrenzt werden.

1. Die Längsfläche $\infty\breve{P}\infty$ geht der Längs- und der Vertikalachse parallel.

Fig. 66. Entwicklung der Längsdomen zu der Längsfläche. 3 Domen ($\breve{P}\infty . 2\breve{P}\infty . 3\breve{P}\infty$) und die Längsfläche $\infty\breve{P}\infty$.

2. Das Makropinakoid (Querfläche) $\infty\breve{P}\infty$. (Ein Makroprisma, bei welchem n gleich ∞ wurde.)

3. Die Basis oder das basische Pinakoid 0 P geht der Längs- und Querachse parallel.

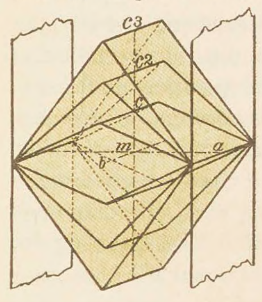
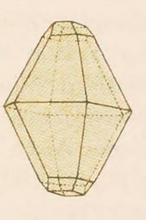
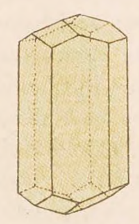


Fig. 66.


Fig. 67.


Fig. 68.

Kombinationen.

Fig. 67 zeigt uns eine Kombination der Grundpyramide mit dem Längsprisma, einer stumpfen Pyramide und der Endfläche. $P . P\breve{\infty} . \frac{1}{3}P . 0P$. Schwefel. Fig. 68 ist eine Kombination von

$\infty P . \infty P\breve{\infty} . \frac{1}{2}P\breve{\infty} . \frac{1}{2}P\bar{\infty}$.

V. Das monokline oder monosymmetrische System.

(klinein, neigen.)

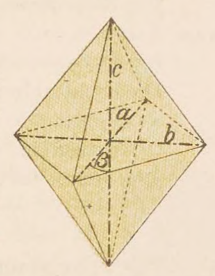


Fig. 69.

Eine Symmetrieebene, drei ungleiche Achsen a b c. Zwei davon, a und c, schneiden sich schiefwinklig, die dritte (b) ist senkrecht zu beiden (Fig. 69).

Eine der beiden schiefwinkligen Achsen (c) stellt man vertikal, während b horizontal von rechts nach links verläuft und a auf den Beschauer gerichtet ist. Der Winkel β liegt vorne unten. Die Achse b heißt, weil sie auf c senkrecht steht, Orthodiagonale und a, weil zu c geneigt, Klinodiagonale.

In diesem System unterscheiden wir

1. Pyramiden,
2. Prismen und Domen,
3. Pinakoide.

1. Die monoklinen Pyramiden sind von zweierlei ungleichseitigen Dreiecken umschlossen und haben viererlei Kanten; sie zerfallen in zwei voneinander unabhängige Hemipyramiden (positive und negative Hemipyramiden), so daß in Wirklichkeit eine einfache monokline Pyramide nicht existiert. Wie beim rhombischen System leitet man auch hier von der Grundform ± P eine Reihe von Protopyramiden ab ± und von diesen wieder durch Verlängerung der Orthodiagonale die Orthopyramide ± m Ᵽ n (a : nb : mc) und durch Verlängerung der Klinodiagonale die Klinopyramide ± m Ᵽ n (na : b : mc).

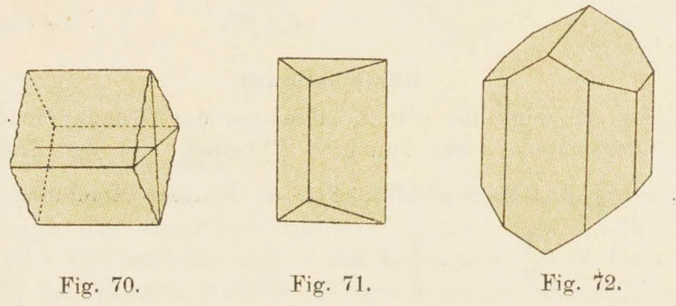


Fig. 70. Fig. 71. Fig. 72.

Die Prismen. Hier unterscheiden wir wieder:

Das Protoprisma ∞ P (aus den Hemipyramiden herzuleiten, m wird = ∞).

Die Orthoprismen ∞ Ᵽ n.

Die Klinoprismen ∞ Ᵽ n.

Die Klinodomen oder Längsprismen (aus den Klinopyramiden herzuleiten, indem n = ∞ wird) m Ᵽ ∞.

Die Orthodomen oder Querprismen m Ᵽ ∞. Fig. 70.

Die Pinakoide von 2 Flächen begrenzt, die 2 Achsen parallel gehen.

Klinopinakoide oder Längsflächen ∞ Ᵽ ∞.

Orthopinakoide oder Querflächen ∞ Ᵽ ∞.

Die Basis 0 P.

Kombinationen.

Fig. 71 zeigt uns Protoprisma mit Basis- und Hemidoma (Adular). ∞ P . 0 P + Ᵽ ∞.

Fig. 72. Kombinationen von Prisma, Querfläche, Längsfläche und Längsprisma. Augit

VI. Das trikline System.

Keine Symmetrieebene, die drei ungleichen Achsen schneiden sich schiefwinklig.

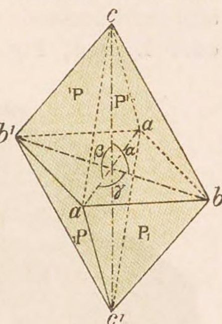


Fig. 73.

Eine Achse wählt man zur Vertikalachse, die beiden andern unterscheidet man wie im rhombischen System als Makro- (b) und Brachydiagonale (a), welch letztere man dem Beschauer zukehrt.

Jede trikline Pyramide zerfällt in 4 verschiedene Flächenpaare (4 Viertelpyramiden) und zwar sind die 4 Formen voneinander unabhängig (Fig. 73).

Wie im rhombischen System werden auch hier von der Grundform, die allerdings zusammengesetzt ist, die übrigen Formen abgeleitet.

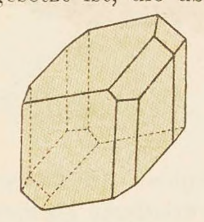


Fig. 74.

Die Prismen gehen aus den Pyramiden hervor, wenn $m = \infty$ wird. Sie bestehen aus 2 Hemiprismen, einem rechten und einem linken; von den Makro- und Brachypyramiden werden die Makro- und Brachyprismen abgeleitet.

Makro- und Brachydomen entstehen, wenn $n = \infty$ wird.

Endlich gibt es auch hier Pinakoide: die Basis, das Makro- und Brachypinakoid.

Fig. 74 zeigt eine Kombination von folgenden Flächen: linkes und rechtes Hemiprisma, linke und rechte obere Viertelpyramide, die Querfläche, Längsfläche und das Hemidoma.

Hemimorphie.

Manche Kristalle weisen eine verschiedenartige Ausbildungsweise an den beiden Enden einer Achse auf; es treten an dem einen Ende einer Achse andere Flächen auf als an dem anderen. Diese Erscheinung bezeichnet man als Hemimorphie, d. i. Hälftegestaltigkeit. Die betreffende Symmetrieachse hat ihren Charakter als solche verloren (Fig. 75). Ein treffendes Beispiel für Hemimorphie bietet uns der Turmalin.

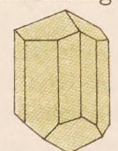


Fig. 75.

Zwillinge.

Viel häufiger als die eben genannte Erscheinung ist die Verwachsung von Kristallen gleicher Art. Nicht selten finden wir Individuen, die sich auf gemeinsamer Grundlage erheben und daher also nicht imstande waren, ihre Flächen auszudehnen. (Kristallgruppen oder Drusen, Fig. 76.) Eine andere Erscheinung zeigt uns z. B.



Fig. 76. Rauchquarzkristalle.

Fig. 77. Hier findet sich schon mehr Regelmäßigkeit, wir können von einer parallelen Lagerung sprechen. Endlich existieren Formen, die uns eine Verwachsung von 2 oder mehreren Kristallen in bestimmter gesetzmäßiger Weise zeigen, die sogen. Zwillinge. Diese Verwachsung ist derartig, daß einzelne Flächen des einen Kristalles denen des andern parallel gehen. Die Gesetzmäßigkeit besteht darin, daß die beiden, den Zwilling bildenden Kristalle zu irgend einer an ihnen vorhandenen Kristallfläche parallel gestellt sind. Der eine Kristall verhält sich also zum andern wie ein Gegenstand zu seinem Spiegelbilde. Die Fläche, welche beiden Kristallen gemeinsam ist, heißt Zwillingsebene und eine dazu senkrechte Linie nennt man Zwillingsachse. Vergl. Fig. 77 (2 Oktaeder). Fig. 78 veranschaulicht die Zwillingsgestalt des Gipses (der eine Kristall ist um 180 Grad

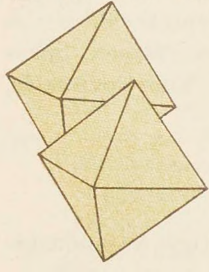


Fig. 77.

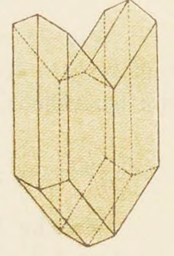


Fig. 78.

gedreht). (Vergleiche Holzmodelle, welche eine Drehung der einen Hälfte gegen die andere gestatten!) Größe und Art der Verwachsung der beiden Kristalle kann eine ganz verschiedene sein, sie können gleich oder ungleich groß sein, sich berühren oder durchkreuzen. (Berührungs- und Durchwachsungszwillinge, Fig. 79.)

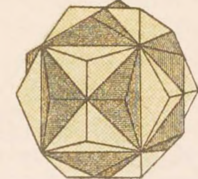


Fig. 79.

Durch eine Verwachsung von drei oder vier Kristallen entstehen Drillinge und Vierlinge.

Unregelmässigkeiten der Kristalle.

Wie in jedem Naturreiche, so kommen auch im Mineralreiche Unregelmäßigkeiten vor. Abgesehen davon, daß kein Kristall die

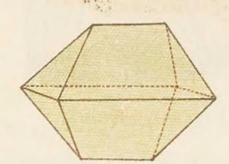


Fig. 80.

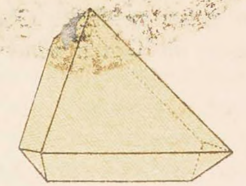


Fig. 81.

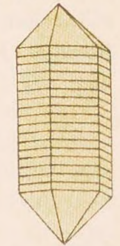


Fig. 82.

geometrische Form in voller Reinheit erreicht, daß also letztere nur eine ideale ist, finden sich verschiedene innere und äußere Abweichungen, die hier kurz erörtert sein mögen.

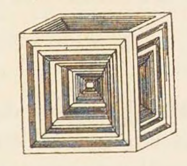


Fig. 83.

Es ist eine häufige Erscheinung, daß einzelne Flächen auf Kosten der benachbarten so stark ausgebildet werden, daß letztere oft ganz verschwinden. Fig. 80 und 81 zeigen uns Verzerrungen eines regulären Oktaeders. Eine andere Unregelmäßigkeit lassen jene Kristalle erkennen, welche, wie Fig. 82, eine gleichmäßige Streifung, parallele Rinnen, zeigen. Diese, im übrigen in aller Unregelmäßigkeit auftretenden Linien erweisen sich als unvollständig entwickelte Flächen.

Wir finden nicht selten Kristalle mit zurückgebliebenen trichterförmig vertieften Flächen (Fig. 83, Steinsalz).

Bisweilen zeigen die Kristalle Krümmungen der Flächen wie Eisenspat oder Braunspat, oder Knickungen wie Gips. Endlich ist noch auf die eingeschlossenen Fremdkörperchen hinzuweisen. Diese kommen weit häufiger vor, als man annimmt, und entziehen sich wegen ihrer Kleinheit gewöhnlich unserem Blick. Vergl. Fig. 84. Diese zeigt uns ein Leuzitplättchen mit verschiedenen Einschlüssen. Die Einlagerungen können fester, flüssiger oder gasförmiger Natur und oft so klein sein, daß sie erst bei tausendfacher Vergrößerung sichtbar werden. Vielfach sind sie geradezu ausschlaggebend für die Farbe des betreffenden Minerals. So wird Karnallit durch Eisenglimmereinschlüsse rot, Bergkristall durch Chloritstückchen bisweilen grün gefärbt. Nadelförmige Einlagerungen im Quarz zeigt uns Fig. 85.

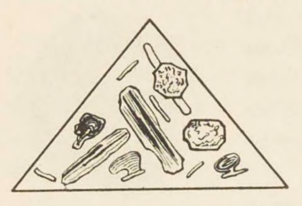


Fig. 84.

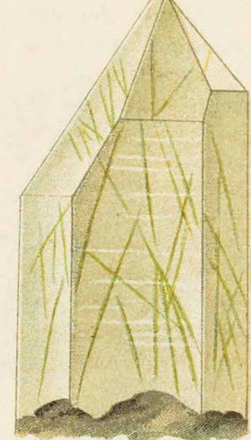


Fig. 85. Quarz.

D. Von den physikalischen Eigenschaften der Mineralien.

Waren es bisher lediglich geometrische Betrachtungen, die wir an den Mineralien angestellt haben, so werden wir nun in folgendem unsere Naturkörper auch von einem anderen Gesichtspunkte, dem physikalischen anzusehen haben.

Jeder feste Körper setzt der mechanischen Teilung einen mehr oder minder großen Widerstand entgegen. Diese Eigenschaft nennt man Kohäsion. Der Widerstand ist bei den Kristallen insofern ein wechselnder, als die einzelnen Richtungen in unseren unorganischen Individuen verschiedene Kohäsion aufweisen. Versucht man nämlich

mit einem Messer oder einem Meißel auf ein Mineral mechanisch einzuwirken, so zeigt sich, daß man nach der einen Richtung viel leichter Teile spalten kann als nach der andern. Die Eigenschaft der Kristalle, sich nach ebenen Flächen trennen zu lassen, nennt man **Spaltbarkeit.** Diesen Ausdruck hat man mit Rücksicht auf die durch das Messer vollkommener auszuführende Tätigkeit gewählt; durch die Anwendung des Hammers z. B. erhält man mehr oder minder unvollkommene Flächen.

Die durch das Spalten entstandenen Flächen nennt man **Spaltungsflächen.** Diese haben die Lage von Kristallflächen und gehen solchen parallel.

Beispiele: Aus einem Steinsalzwürfel können leicht kleinere Würfel herausgespalten werden, indem man das Messer parallel zu einer Fläche ansetzt und mit einem Hammer darauf schlägt. Jeder Würfel läßt sich wieder in derselben Art spalten. Ein Flußspatwürfel dagegen spaltet merkwürdigerweise nicht nach den Würfelflächen sondern nach den Oktaederflächen, und es ist ganz gleichgültig, welche Flußspatform man wählt, immer ergibt sich als Spaltungsprodukt ein Oktaeder. Vom Glimmer kann man beliebig viel Blättchen ohne Mühe abtrennen, er ist nach der Basis spaltbar.

Da jede Mineralart nur eine oder nur wenig Spaltungsformen hat, so ist die Spaltbarkeit ein wichtiges Mittel, Mineralien zu erkennen und zu bestimmen. Mag ein Mineral in den verschiedensten Formen kristallisieren, mögen seine Kristalle noch so unvollkommen sein, mögen die Mineralien kristallinisch sein, die Spaltbarkeit wird in vielen Fällen Aufschluß zu geben vermögen und die Spaltungsflächen sind selbst bei unvollkommenen Stücken so vollkommen als bei regelmäßigen Körpern.

Nicht jedem Material kommt die Spaltbarkeit in gleichem Maße zu. Sie ist entweder höchst vollkommen (Glimmer), sehr vollkommen (Flußspat), vollkommen (Krysolit), unvollkommen (Quarz). Bei letzterem erhält man nur unebene Bruchflächen.

Die Annahme, daß die Spaltungsflächen bereits im Kristall vorhanden wären und nur eines mechanischen Anstoßes bedürfen, ist eine ganz irrige und würde im Widerspruche zu der Tatsache stehen, daß alle Kristalle einheitlich sind. Bei manchen schwer spaltbaren Mineralien wie Rubin, Quarz u. a. erhält man keine oder nur unebene Bruchflächen von charakteristischer Beschaffenheit. Dasselbe ist der Fall bei allen amorphen Mineralien und bei jenen Kristallen, welche nach anderen als den Spaltungsrichtungen zerbrochen werden.

Der Bruch ist muschelig (Feuerstein), eben (Jaspis), uneben (Schwefelkies), splitterig (Chalzedon), hakig (Silber), erdig (Kreide).

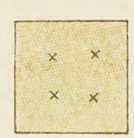


Fig. 86.

Wenn man eine Stahlspitze (eine nicht zu spitze Nadel) auf ein Spaltblättchen oder eine Fläche eines nicht zu harten Kristalles setzt und einen kurzen Schlag auf die Stahlspitze ausführt, so entstehen, von der Schlagstelle auslaufend, geradlinige Risse, die eine ganz bestimmte Richtung haben, und die für die einzelnen Mineralien charakteristisch und für deren Bestimmung von Bedeutung sind.

Fig. 86 zeigt z. B. Schlagfiguren von Steinsalz.

Härte (H.) nennen wir den Widerstand, welchen ein Mineral dem Eindringen eines andern Körpers entgegensetzt. Ritzt man z. B. mit einem Messer verschiedene Kristalle, so findet man, daß dasselbe in das eine leicht, in das andere schwer und in das dritte womöglich gar nicht eindringen kann. Die Härte ist demnach verschieden. In ihr hat man seit langem ein wichtiges Bestimmungsmittel gesehen und hat nach dem Mineralogen Mohs eine bestimmte Reihenfolge, eine Härteskala aufgestellt, wonach jedes folgende Mineral das vorhergehende ritzt.

1. Talk.	6. Feldspat.
2. Steinsalz.	7. Quarz.
3. Kalkspat.	8. Topas.
4. Flußspat.	9. Korund.
5. Apatit.	10. Diamant.

1 und 2 werden schon mit dem Fingernagel geritzt, 6 kann noch mit dem Messer geritzt werden. Die Mineralien über 6 geben am Stahl Funken. Interessant ist die Tatsache, daß die Spaltungsflächen geringere Härte haben als die anderen (Gips, Glimmer), und daß ferner sich ein und dieselbe Fläche nach den verschiedenen Richtungen verschieden verhält.

Eine andere Art von Kohäsion offenbart sich durch den vorsichtigen Angriff von lösenden oder zersetzend einwirkenden Substanzen auf die Mineralien. Durch bestimmte Flüssigkeiten oder Dämpfe werden die Flächen in der Weise angegriffen oder angeätzt, daß mikroskopisch kleine, von ebenen Flächen begrenzte Vertiefungen, die sogenannten Aetzfiguren, entstehen. Sie sind auf ein und derselben Fläche (bei vorausgesetzter Homogenität) ähnlich, haben eine parallele Lage, sind gleichartig auf gleichwertigen, verschiedenartig auf verschiedenwertigen Flächen. Die Aetzfiguren stehen mit den Symmetrieverhältnissen der Kristalle in innigstem Zusammenhang und geben in zweifelhaften Fällen ein vortreffliches Mittel zur Fest-

stellung des Systems. Für ihre Wichtigkeit spricht der Umstand, daß die Kristallisation mancher Mineralien, wie z. B. die des Glimmers, erst durch die Ätzfiguren richtig erkannt wurde.

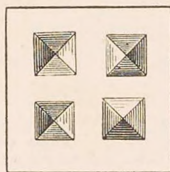


Fig. 87.

Fig. 87 zeigt uns Ätzfiguren eines Steinsalzwürfels, die wie die Würfelflächen, 4 Symmetrielinien besitzen.

Tenazität oder Zähigkeit nennt man den Widerstand, den die Mineralien dem Ritzen, Schneiden, Biegen entgegensetzen.

Spröde nennen wir ein Mineral, wenn eine durch ein spitzes Instrument bewirkte Unterbrechung des Zusammenhangs sich in Risse und Sprünge fortsetzt und ein Abspringen von Splittern zur Folge hat. Quarz, Zinkblende, Kalkspat (Glas).

Mild, wenn sich kein Pulver bildet und die Teilchen im Zusammenhang bleiben. Blei.

Dehnbar, wenn sich das Mineral zu dünnen Blättchen hämmern läßt. Kupfer, Blei.

Biegsam, wenn dünne Blättchen gebogen werden, ohne daß sie in ihre frühere Form zurückkehren. Talg.

Elastisch, wenn dünne Blättchen sich biegen lassen, aber nach dem Zusammendrücken in ihre alte Form zurückschnellen. Glimmer.

Spezifisches Gewicht.

Die verschiedenen Varietäten ein und desselben Minerals haben bei gleicher Temperatur ein nahezu gleiches spezifisches Gewicht. Für unsere Zwecke reicht die Bestimmung mit der hydrostatischen Wage aus. Man wiegt zunächst den Körper in der Luft, hernach an einem Faden in reinem Wasser und berechnet das spezifische Gewicht nach der Formel:

spez. Gew. = absolutes Gewicht durch Gewichtsverlust.

Um eine möglichst genaue Bestimmung zu erzielen, hat man zu beachten, daß das betreffende Mineral rein, frisch und frei von Höhlungen ist. Ferner muß es vor der Wägung im Wasser benetzt und womöglich, um anhaftende Luft zu vertreiben, gekocht werden. Mitunter macht sich eine Zerkleinerung (wenn es Wasser einsaugt) oder eine Durchdringung mit Wasser notwendig.

Die optischen Eigenschaften der Mineralien.

Unter den optischen Eigenschaften der Mineralien hat man wegen der leichten Wahrnehmbarkeit und wegen ihres Vorkommens sowohl bei kristallinischen als auch bei amorphen Mineralien von jeher dreien einen besonderen Wert beigelegt, nämlich dem **Glanz**, der **Farbe** und der **Durchsichtigkeit.**

Der Glanz beruht auf der spiegelnden Reflexion des Lichtes an den mehr oder weniger glatten Oberflächen.

Metallglanz tritt nur an undurchsichtigen Kristallen auf, z. B. an Gold, Bleiglanz, Schwefelkies. Diamantglanz kommt an durchsichtigen oder durchscheinenden Flächen vor; Diamant. Die häufigst vorkommende Art von Glanz ist die des gewöhnlichen Glases (Glasglanz), sie findet sich z. B. am Quarz. Fettglanz findet sich häufig an Bruchflächen des Schwefels.

Der milde Glanz der Perlmutter, Perlmutterglanz, tritt an Flächen mit vollkommener Spaltbarkeit auf. Ein treffliches Beispiel liefert der nach der Basis spaltbare Glimmer. Seidenglanz zeigen kristallinische Massen wie Amiant und Fasergips.

Hinsichtlich der Farbe der Mineralien sind 3 Fälle zu unterscheiden. Es gibt:

1. Mineralien mit Eigenfarbe, die ihrer Substanz zugehört und daher auch in allen Formen ihres Vorkommens auftritt; Metalle, Kiese, Glanze.

2. Farblose Mineralien, die wasserhell bis weiß sind. Eis, Steinsalz, Quarz und

3. gefärbte Mineralien. Durch chemisch aufgelöste oder mechanisch beigemengte Pigmente, die bei der Bildung der Individuen aufgenommen wurden, werden Varietäten von sonst farblosen Mineralien wie Quarz, Kalkspat, Flußspat, Gips, Diamant verschiedentlich gefärbt, ja es kommt bisweilen vor, daß ein und dasselbe Mineral aus Schichten von verschiedener Färbung besteht. Hauptsächlich sind es Eisen-, Mangan- und Chromverbindungen, welche die Färbung erzielen, und zwar färben Eisenverbindungen gelb, braun, rot, grün, Manganverbindungen violett, Chromverbindungen, gelb, grün, rot.

Bisweilen kommt es vor, daß Kristalle nach verschiedenen Richtungen verschieden gefärbt erscheinen. Sieht man z. B. durch Turmalin senkrecht zur Achse hindurch, so erscheint er braun, sieht man aber parallel zu den Prismenflächen, dann ist er schwarz und

undurchsichtig. Beryll erscheint blassgrün, wenn man senkrecht zur Achse hindurchsieht; himmelblau, parallel zur Achse gesehen. Diese Erscheinung der Zweifarbigkeit bezeichnet man als Dichroismus. Auch Trichroismus kommt vor. Bei regulären und amorphen Kristallen tritt diese Erscheinung nicht auf.

Die Durchsichtigkeit kann sich in verschiedenen Graden zeigen. (Durchsichtig, durchscheinend, kantendurchscheinend, undurchsichtig.)

Strich. Streicht man mit einem farbigen Mineral über eine Fläche, am vorteilhaftesten über eine matte Porzellantafel, so entsteht der sogen. Strich (Pulver), der für das betreffende Mineral charakteristisch und infolgedessen für die Bestimmung nicht unwesentlich ist. Er ist farbig, wenn das Mineral von Natur farbig, weiß oder grau, wenn es durch fremde Substanz gefärbt ist. (Ueber andere optische Eigenschaften vergl. Kalkspat!)

Verhalten der Mineralien gegen Wärme.

Wie die Lichtstrahlen, so werden auch die Wärmestrahlen von den Kristallflächen reflektiert oder beim Eintritt gebrochen. In Bezug darauf, daß die Wärmestrahlen leicht durchgelassen oder zurückgehalten werden, sind die einzelnen Kristalle sehr verschieden. Steinsalz läßt die Wärmestrahlen möglichst vollkommen hindurch; Alaun und Eiskristalle erweisen sich als gegenteilig.

Ebenso ergeben sich hinsichtlich der Fähigkeit, Wärme zu leiten, große Unterschiede. Gediegene Metalle sind gute, Quarz oder gar Gips sind schlechte Wärmeleiter. Gute Wärmeleiter, wie z. B. Diamanten, fühlen sich kälter an als schlechte, weil sie der Hand rasch Wärme entziehen. Damit ist durch das Gefühl ein Unterscheidungsmittel zwischen echtem und künstlichem Diamant (Glasimitation) gegeben.

Amorphe Körper und Kristalle des regulären Systems leiten die Wärme nach allen Richtungen gleichmäßig fort und dehnen sich beim Erwärmen gleichmäßig aus. Anders verhalten sich die Kristalle der übrigen Systeme.

Dort ist die Ausdehnung sowohl als auch die Wärmeleitung eine ungleichmäßige.

Bedeckt man ein Glimmerplättchen auf der einen Seite mit Wachs, und erhitzt man die unbedeckte Seite mit einem spitzen Eisenstäbchen, so bildet sich an der Wachsschichte eine Ellipse. Bei regulären Kristallen würde unter diesen Umständen ein Kreis entstehen. Im ersteren Falle schreitet die Wärme ungleichmäßig fort, im letzteren haben wir gleichmäßige Leitungsfähigkeit.

Fast alle physikalischen Eigenschaften der Kristalle (das spez. Gewicht ausgenommen) stehen in einem engen gesetzlichen Zusammenhang mit ihren geometrisch-kristallographischen Formen, so daß man den Satz aufstellen kann: geometrisch-kristallographisch gleichwertige Richtungen verhalten sich in jeder Hinsicht auch physikalisch gleich.

E. Von den chemischen Eigenschaften der Mineralien.

Die Substanz, aus welcher die Mineralien bestehen, ist, wie schon erwähnt, eine einheitliche und gleichartige. Sie ist entweder ein einfacher, chemisch nicht weiter zerlegbarer Stoff, ein Grundstoff oder Element, oder sie besteht aus mehreren Grundstoffen, die sich nach bestimmten Gesetzen zu chemischen Verbindungen vereinigt haben. Gegenwärtig kennt man zirka 70 solcher Elemente, die sich in Metalloide und Metalle einteilen lassen.

1. Zu den Metalloiden gehören: Fluor, Chlor, Sauerstoff, Stickstoff als gasförmige Körper; Brom als Flüssigkeit und Jod, Schwefel, Selen, Tellur, Phosphor, Antimon, Arsen, Kohlenstoff, Silizium als feste Körper.

2. Metalle sind: Kalium, Natrium Baryum, Strontium, Kalzium, Magnesium, Aluminium, Zirkon (Leichtmetalle);

Mangan, Chrom, Wismut, Zink, Zinn, Blei, Eisen, Kobalt, Nickel, Kupfer (unedle Metalle); Quecksilber, Silber, Gold, Platin (edle Metalle).

Verhältnismäßig wenig Mineralien bestehen aus Grundstoffen; weitaus die größte Zahl sind chemische Verbindungen, d. i. eine

Vereinigung von mindestens 2 Elementen zu einer Substanz mit völlig neuen Eigenschaften. So ist z. B. unser Steinsalz eine Verbindung des grünlichgelben Gases Chlor und des Metalles Natrium. Abgesehen von den großen physikalischen und chemischen Unterschieden, wie sie der neue Körper gegenüber seinen Elementen zeigt, finden sich nicht minder bedeutende physiologische. Zwei starke Gifte haben sich zu einem dem Organismus förderlichen Salz verbunden.

Alle chemischen Verbindungen sind von einer Gesetzmäßigkeit beherrscht, die sich darin zeigt, daß sich die Elemente in einem bestimmten unveränderlichen Gewichtsverhältnis vereinigen. So verbinden sich stets 35, 36 Gewichtsteile Chlor, 80 Gewichtsteile Brom und 126 Gewichtsteile Jod (die Zahlen sind abgerundet) mit je einem Teil Wasserstoff zu Chlor-, Brom- und Jodwasserstoff. Setzen wir an Stelle des Wasserstoffes das Element Silber, so verbinden sich dieselben Gewichtsmengen Chlor, Brom und Jod mit je 107 Gewichtsteilen dieses Elementes. Diese Gewichtsmengen sind mit der Wage nachweisbar und werden Verbindungsgewichte genannt. Häufig kommt es vor, daß 2 Elemente sich in verschiedenen Gewichtsverhältnissen vereinigen. Von Schwefel und Eisen ist eine Verbindung bekannt, bei welcher auf 54 Gewichtsteile Eisen 64 Gewichtsteile Schwefel kommen (Schwefelkies), und eine solche, welche zur genannten Eisenmenge 32 Gewichtsteile Schwefel (unser Schwefeleisen) fordert. Kohlenstoff (Atomgewicht 12) verbindet sich mit Sauerstoff entweder in dem Verhältnis 12 : 16 oder 12 : 32.

In ersterem Falle haben wir Kohlenmonoxyd 12 Tl. K. und 16 Tl. S. (Verh. 1 : 1).

Im zweiten Falle Kohlendioxyd 12 Tl. K. und 2 $\times$ 16 Tl. S. (Verh. 1 : 2).

Wie jede Wissenschaft, so ist auch die Chemie und Mineralogie gezwungen, zur Erklärung verschiedener Naturerscheinungen gewisse Hypothesen und Theorien aufzustellen. Eine solche Theorie ist z. B. die von der Existenz der Atome und Moleküle. Die kleinsten Teilchen eines Elementes, die an der Bildung einer chemischen Verbindung sich beteiligen, die mechanisch wie chemisch nicht weiter zerlegbar sind, nennt man Atome. Man nimmt an, daß die Atome bei ein und demselben Element vollständig gleichartig sind, gleiche Größe und gleiches Gewicht haben.

Atome verschiedener Elemente dagegen haben verschiedene Größe und verschiedenes Gewicht, so daß wir also gezwungen sind, ebensoviel Arten von Atomen anzunehmen als es verschiedene Elemente gibt. Die Atomgewichte der Elemente geben an, wievielmal so schwer eines ihrer Teilchen ist als ein solches von Wasserstoff. Aus verschiedenen Gründen muß das freie Vorkommen von Atomen bezweifelt werden. Als kleinste, mechanisch nicht mehr teilbare Menge eines Elementes sowohl als einer Verbindung ist das Molekül (kleinstes Massenteilchen) anzunehmen. Nachstehende Tabelle gibt uns die bekanntesten Elemente nebst ihrer abgekürzten Bezeichnung (Symbol) und dem Atomgewicht an:

Name	Zeichen	Atomgewicht
Aluminium	Al	27,04
Antimon (Stibium) . . .	Sb	119,6
Arsen	As	74,9
Baryum	Ba	136,9
Blei (Plumbum)	Pb	206,4
Bor	B	10,9
Brom	Br	79,75
Chlor	Cl	35,36
Chrom	Cr	52,45
Eisen (Ferrum)	Fe	55,88
Fluor	F	19,06
Gold (Aurum)	Au	196,7
Jod	J	126,53
Kalium	K	39,03
Kalzium (Calcium) . . .	Ca	39,91
Kobalt	Co	58,6
Kohlenstoff (Carbonium) .	C	11,97
Kupfer (Cuprum)	Cu	63,18
Magnesium	Mg	24,3
Mangan	Mn	54,8
Natrium	Na	23
Nickel	Ni	58,6
Phosphor	P	30,96
Platin	Pt	194,3
Quecksilber (Hydrargyrum)	Hg	199,8
Sauerstoff (Oxygenium) .	O	15,88
Schwefel (Sulfur)	S	31,98
Silber (Argentum) . . .	Ag	107,66
Silizium	Si	28,3
Stickstoff (Nitrogenium) .	N	14,01
Strontium	Sr	87,3
Wasserstoff (Hydrogenium)	H	1
Zink	Zn	65,10
Zinn (Stanuum)	Sn	118,8

Wir haben gesehen, daß sich Chlor, Brom und Jod mit je einem Teil Wasserstoff zu ClH, BrH und JH vereinigen. Sauerstoff und Schwefel vermögen 2 Atome Wasserstoff H_2O zu binden. Noch zahlreicher sind die Wasserstoffverbindungen bei Stickstoff und Phosphor. Diese nehmen 3 Atome H auf (Ammoniak, Phosphorwasserstoff), und Kohlenstoff bindet 4 Atome H in dem bekannten Grubengas CH_4.

Dieses bestimmte Bindungsvermögen, welches die Atome eines Elementes andern Atomen gegenüber zeigen, nennt man Wertigkeit oder Valenz. Dem Wasserstoff gegenüber sind also Cl, Br und J einwertig, O und S zweiwertig, N und P dreiwertig, C und Si (Silizium) vierwertig. Die Wertigkeit wird gewöhnlich durch römische Ziffern über den Atomzeichen ausgedrückt:

$$\overset{I}{Cl}\quad \overset{II}{O}\quad \overset{III}{N}\quad \overset{IV}{C}.$$

Die gegenseitige Bindung wird durch einen Bindestrich bezeichnet:

$$Cl{-}H \qquad O{<}^{H}_{H} \qquad N{\leftarrow}\begin{smallmatrix}H\\H\\H\end{smallmatrix} \qquad C{\leftarrow}\begin{smallmatrix}H\\H\\H\\H\end{smallmatrix}$$

Es muß schon jetzt hervorgehoben werden, daß die Wertigkeit nicht eine den Elementen an und für sich zukommende Eigenschaft ist, sondern daß sie abhängig ist von der Natur der sich miteinander verbindenden Elemente und von den äußeren Umständen, unter denen die Verbindung stattfindet. Während die oben genannten Elemente dem H gegenüber konstant sind, äußern sie sich anderen Grundstoffen gegenüber ganz anders. Schwefel kann z. B. zwei-, vier- und sechswertig sein, Jod ein-, drei- und fünfwertig, N drei- und fünfwertig.

Polymorphismus (Vielgestaltigkeit).

Nicht selten kommt es vor, daß dieselbe chemische Verbindung in verschiedenen Kristallsystemen auftritt und dabei verschiedene physikalische Eigenschaften zeigt. Diese Erscheinung nennt man Polymorphie. Ein bekanntes Beispiel von Dimorphismus (Zweigestaltigkeit) zeigt uns der Schwefel. Kohlensaurer Kalk kristallisiert sowohl hexagonal-rhomboedrisch (Kalkspat) als auch rhombisch und führt dann den Namen Aragonit. Im ersteren Falle ist er leicht spaltbar, im letzteren undeutlich. Man nimmt an, daß sich die hexagonale Form aus kalten, die rhombische dagegen aus warmen Lösungen ausgeschieden hat. Schwefel erhält man durch Schmelzen und darauffolgendes Erkaltenlassen in monokliner Form (Durchstoßen der oberflächlichen Schichte), durch Auflösen in Schwefelkohlenstoff und langsames Verdunsten der Lösungsflüssigkeit in rhombischen Kristallformen. Titansäure kann sogar in drei Formen (Trimorphismus) auftreten: 1. als Rutil, 2. als Anatas (beide quadratisch) und drittens als Brookit (rhombisch).

Isomorphismus (Gleichgestaltigkeit).

Im Jahre 1819 entdeckte Mitscherlich eine merkwürdige Beziehung zwischen der Form der Kristalle und ihrer chemischen Zusammensetzung. Er fand, daß die Kristallformen chemisch ähnlicher Körper gleich oder nahezu gleich sind. Bei analoger-chemischer Konstitution, wie sie z. B. die Körper von

Kalkspat $CaCO_3$
Magnesit $MgCO_3$
Eisenspat $FeCO_3$
Manganspat $MnCO_3$ etc.

zeigen, besteht eine weitgehende Uebereinstimmung in der Form. Sie kristallisieren in demselben System mit fast übereinstimmenden Achsen und Winkelverhältnissen. Man nennt diese Erscheinung Isomorphismus (Gleichgestaltigkeit). Isomorphe Körper, die dem regulären System angehören, haben absolut gleiche Winkel, weil alle Kristalle dieses Systems dieselben Winkel besitzen.

Es können auch 2 isomorphe Substanzen, wie z. B. Kali- und Natronsalpeter, KNO_3 und $NaNO_3$ einen zwei- bis dreifachen Isomorphismus zeigen. Genannte Salze kristallisieren hexagonal und rhombisch und stimmen in ihren Formen überein, so daß man von einem Isodimorphismus bezw. Isotrimorphismus sprechen kann.

Phosphorsalz- und Boraxperlen.

Eine Menge von Metalloxyden erteilen bei höheren Temperaturen dem Natrium-Ammonium-Phosphat und dem Borax unter bestimmten Bedingungen charakteristische Färbungen. Zu diesem Zwecke schmilzt man nämlich an den zu einem kleinen Oehr umgebogenen Platindraht eine geringe Menge Borax oder Phosphorsalz zu einer kleinen Perle, bringt diese in heißem Zustand mit einer kleinen Quantität der zu prüfenden Substanz zusammen und erhitzt schließlich das Gemenge in (den Oxydations- oder Reduktionsteil) der Bunsenflamme. Es erfolgt eine chemische Veränderung der Substanzen, die sich äußerlich durch die Farbenveränderung zeigt. Je nachdem, ob in dem äußeren, leuchtenden Mantel, oder in dem inneren, nicht leuchtenden Teil erhitzt wird, ist die Färbung verschieden. Der innere Teil weist nur eine unvollständige Verbrennung auf; es fehlt an Sauerstoff, und daher werden z. B. solche Metalloxyde, welche abgeben können, reduziert und als freie Metalle abgeschieden. (Reduktionsflamme.) Der äußere Teil der Flamme, in welchem eine vollständige Verbrennung der Gase stattfindet, oxydiert und heißt Oxydationsflamme.

Phosphorsalzperlen.

	Farblos	Gelb	Grün	Blau	Rot	Violett
Oxydationsflamme	Alkali- und Erdalkalimetalle, Aluminium, Zink, Blei, Arsen, Antimon, Zinn, Quecksilber, Kieselsäure, (Kieselskelett)	Silber	Chrom Kupfer	Kobalt	Eisen	Mangan
Reduktionsflamme	Alkali- und Erdalkalimetalle, Aluminium Mangan, Arsen, Zinn, Quecksilber, Kieselsäure, (Kieselskelett)		Chrom Eisen (heiß rötlich, dann flaschengrün, kalt fast farblos)	Kobalt	Kupfer	

Boraxperlen.

	Farblos	Gelb	Grün	Blau	Rot	Violett
Oxydationsflamme	Alkali- und Erdalkalimetalle, Aluminium, Arsen, Zinn, Silber, Quecksilber, Kieselsäure (ohne Skelett)	Zink Blei Wismut Antimon	Chrom Kupfer	Kobalt	Eisen Nickel (kalt rotbraun)	Mangan
Reduktionsflamme	Alkali- und Erdalkalimetalle, Aluminium, Mangan, Arsen, Zinn, Quecksilber, Kieselsäure		Chrom Eisen	Kobalt	Kupfer	

F. Systematik.

Bei der Einteilung der Mineralien treten die morphologischen Eigenschaften in den Hintergrund, einmal deshalb, weil die große Masse der Mineralien einer freien Formenentwicklung entbehrt, und dann aus einem anderen Grunde, der den Stoff betrifft. Durch Gruppierung nach ähnlichen Kristallformen würde man chemisch unähnliche Körper zusammenwürfeln und ähnliche Stoffe trennen, und deshalb ist für die Klassifikation die chemische Zusammensetzung maßgebend*). Wir teilen die Mineralien in folgende Klassen:

I. Elemente.
II. Sulfide.
III. Oxyde (Hydroxyde).
IV. Haloide.
V. Sauerstoffverbindungen { Karbonate. Nitrate. Borate. Phosphate. Sulfate. Silikate. }

I. Klasse. Elemente.

Kohlenstoff (C).

In vielen Tausenden von Verbindungen, wie sie kein Element einzugehen imstande ist, findet sich der Kohlenstoff in der Natur vor. Während er aber in der anorganischen Welt in verhältnismäßig einfachen Formen auftritt, haben wir es bei der Tier- und Pflanzenwelt mit den kompliziertesten Verbindungen zu tun, ja man kann sagen, mit Verhältnissen, die der Wissenschaft wohl stets ein Rätsel bleiben werden. Als einfache Verbindung, nämlich als CO_2 (Kohlensäure), nimmt die Pflanze von ihrer Umgebung den Kohlenstoff auf und verarbeitet denselben mit Wasser zu den für ihren Lebensunterhalt wichtigen Produkten, Zucker und Stärke. Sie braucht ihn zum Aufbau der Cellulose, zur Bereitung von Fetten, Eiweiß, Farb-

*) Wenn in folgendem vorstehende Klassifikation durchbrochen wird, so geschieht das z. T. aus rein unterrichtlichen Zwecken, z. T. mit Berücksichtigung der gemeinsamen Fundorte und der technischen Verwendung verschiedener Verbindungen ein und desselben Elementes. Aus diesem Grunde werden z. B. manche Elemente nicht für sich abgeschlossen betrachtet, sondern mit ihren Schwefel-, Sauerstoff- und anderen Verbindungen.

stoffen u. s. w. Von derselben Wichtigkeit ist er für das Tier, das ihn entweder direkt (Pflanzenfresser) oder indirekt von der Pflanze (Fleischfresser) bezieht. Beide Arten von Organismen müssen daher einen hohen Prozentsatz an Kohlenstoff aufweisen. Glüht man solche Organismen unter Luftabschluß, dann kann man den Kohlenstoff nachweisen. Auch in der Natur fanden und finden fortwährend Verkohlungsprozesse statt, wenn auch unter teilweise anderen Verhältnissen. Durch den gewöhnlichen Verwesungsprozeß verfällt die Pflanze in Kohlensäure und Wasser, also in die Produkte, aus denen sie sich Nährstoff bereitet. Wenn aber nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist, und wenn ferner die Pflanzen unter hohem Drucke stehen, etwa von mächtigen Erd- oder Wasserschichten belastet werden, dann entstehen nebst Kohlensäure, Wasser und Grubengas (CH_4), kohlenstoffreiche Körper wie z. B. unsere Braun- und Steinkohlen.

Chemisch rein tritt uns das an Verbindungen so reiche Element in 3 Formen entgegen: als Diamant, Graphit und Ruß.

Diamant (C).

Hervorragende, für ein Mineral seltene physikalische Eigenschaften, nämlich der Härtegrad, die außerordentlich starke Lichtbrechung und Farbenzerstreuung und dazu der Umstand, daß er nach dem Oktaeder gut spaltet, haben diesen im regulären System kristallisierenden Körper von jeher zu dem geschätztesten Edelstein gemacht. (In neuester Zeit wird übrigens der Rubin höher bewertet.)

Die Kristalle sehen auf den ersten Blick wie Vollflächner aus (Rhombendodekaeder, Pyramidenoktaeder etc.). Diese Form ist bei den meisten eine scheinbare; die genauere Untersuchung zeigt, daß man es mit der tetraedrisch-hemiedrischen Form zu tun hat, $+\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$, welche beide im Gleichgewicht vorhanden sind.

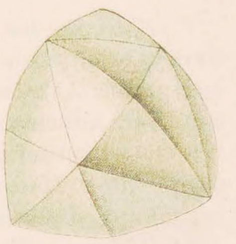


Fig. 88. Diamant; Hexakistetraeder.

Nicht selten sind die Kristallflächen etwas konvex gekrümmt, oder eigentümlich gerundet, wie uns Fig. 88 zeigt.

Als Bort findet er sich in kleinen Kugeln, also nicht kristallisiert, und als Karbonat in Form schwarzer, rundlicher kristallinischer Körper mit bedeutendem Gewichte. Von seinen übrigen

physikalischen Eigenschaften seien noch hervorgehoben das spez. Gew. von 3,5 und das Nichtleiten der Elektrizität. Die Farbe ist wasserhell, grün, blau und schwarz.

Chemisch wichtig ist der Umstand, daß der Diamant im Sauerstrome bei etwa 770 Grad zu Kohlensäure verbrennt. In Säuren und Laugen ist er unlöslich, jedoch wird er durch ein Gemisch von Schwefelsäure und chromsaurem Kali in Kohlensäure verwandelt. Im Fokus großer Brennspiegel kann er verbrannt werden, wie das die Florentiner Akademie 1694 gezeigt hat. Wird er bei Abschluß von Luft stark erhitzt, dann verwandelt er sich zu Graphit.

Der Diamant findet sich in Gemeinschaft mit anderen Edelsteinen, auch Gold und Platin, namentlich im sog. Schwemmlande, einer sekundären Lagerstätte, die dadurch entstanden ist, daß alte Gesteinsmauern zertrümmert, fortgeführt und wieder zusammengefügt wurden. Als Muttergestein, das übrigens an den verschiedenen Orten abweichend ist, sind kristallinische Schiefer und deren granitische Gangmassen, Eruptivgestein, die sich durch Olivinreichtum auszeichnen, zu nennen. Als älteste Fundstätte ist Ostindien zu erwähnen, wo in Sandsteinbreccien oder in Flußadern berühmte Prachtexemplare gefunden wurden. Heutzutage sind dort die Minen erschöpft.

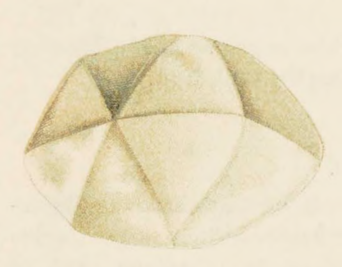


Fig. 89. Diamant Südstern.

1727 wurden die brasilianischen Diamanten (Provinz Minas Geraes) bekannt, die ebenfalls im Schwemmlande aufgefunden wurden und großes Aufsehen erregten. Ferner kamen Mexiko, Kalifornien, der Ural, einzelne Punkte in Australien in Betracht. 1867 wurde der erste Diamant Südafrikas, 1869 der „Stern des Südens“ (Fig. 89) durch einen Hottentotten gefunden, 1871 die Kimberleyfelder, bekanntlich die reichsten, entdeckt, und nun sucht und fand man die Edelsteine in Flußadern, auf öden Plateaus, im Gegensatz zu den ursprünglichen aus vulkanischem Gestein bestehenden Lagerstätten.

Ueber seine natürliche Entstehung herrschen noch die verschiedensten Meinungen, von denen sich jedoch die Ansicht, daß der Kohlenstoff in tieferen Schichten von Gestein aufgenommen wurde und auskristallisierte, immer mehr Geltung verschafft.

Die Kunst, Diamanten zu schleifen, also ihnen bestimmte Formen zu geben, wurde 1475 von Ludwig von Berguem aus Flandern erprobt. Durch diesen künstlichen Eingriff verliert der Stein unter

Umständen die Hälfte des Gewichtes, gewinnt aber durch die erlangte Schönheit bedeutend an Wert.

Im Laufe der Zeit haben sich verschiedene Schlifformen, die von der Beschaffenheit des Materials abhängig sind, herausgebildet. Die hervorragendste Form, den Brillant, stellt man her, indem man zunächst ein Oktaeder herausspaltet, die obere und untere Fläche abstumpft und Facetten anschleift. Diese Form besitzt z. B. der schönste und vollkommenste, wasserhelle Diamant, der Pitt oder Regent im französischen Kronschatz. Sein Gewicht beträgt $136^3/_4$ Karat, sein Wert etwa $1^1/_2$ Millionen Mark.

Rosetten nennt man unten flache und nach oben gewölbte, mit dreiseitigen Facetten versehene Steine. Eine solche Form hat z. B. der Orlow, der größte Diamant mit 194 Karat im Besitz der russischen Krone.

Gebrauch: Die kleineren Stücke werden zum Glasschneiden und pulverisiert als Schleifmittel benützt. Ferner besetzt man die Bohrröhren, die man bei Tunnelbauten und anderweitig verwendet, mit Diamantsplittern oder mit dem sog. Karbonat. Um die Herstellung künstlicher Diamanten hat sich vor allem der Pariser Chemiker Moissan verdient gemacht. Dadurch, daß er im elektrischen Ofen Kohlenstoff in Eisen löste, die Außenfläche der Masse rasch abkühlte, so daß die innere, noch flüssige Masse einem hohen Druck ausgesetzt war, erhielt er den Kohlenstoff in Form von Diamanten, die vorderhand allerdings nur die Größe von $^1/_2$ mm erreichen.

In neuester Zeit haben eine Reihe von Forschern auf anderen Wegen künstliche Diamanten hergestellt, und es hat sich die Ansicht herausgebildet, daß weniger der hohe Druck als die rasche Abkühlung für die Ausbildung der Kristalle aus flüssigem Eisen maßgebend sei.

Graphit (C) (graphein, schreiben).

Dasselbe Element, das uns im Diamant als der hellste und durchsichtigste Körper entgegentritt, zeigt sich uns hier als ein eisenschwarzes, selbst in den dünnsten Blättchen nicht durchscheinendes, abfärbendes Mineral, welches sich fettig anfühlt, mit dem Messer geschabt werden kann und die geringe Härte von 1 hat. Das spez. Gew. beträgt nur 2,25 und auch die Kristallform ist eine andere. Graphit gehört dem hexagonalen System an, wie Fig. 90 zeigt, und hat nach der Basis eine vollkommene Spaltbarkeit. Großenteils findet er sich in scheinbar amorpher Form als grauschwarze, weiche Masse. Er ist oft mit Eisen gemengt, leitet die Elektrizität, verbrennt wie der Diamant zu Kohlensäure, hinterläßt aber selbst in den reinsten Formen einen Rückstand bis zu 5 %. Wie der Diamant ist auch er durch Säuren unangreifbar und unterliegt auch wie dieser in einem Gemisch von chromsaurem Kalium und Schwefelsäure der

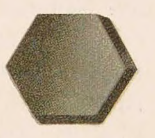


Fig. 90. Graphitkristall.

Verwandlung in Kohlensäure. Durch Erhitzen unter Luftabschluß verändert er sich selbst bei den höchsten Temperaturen nicht und bewährt sich somit als die beständigste Art von Kohlenstoff. Graphit findet sich in den ältesten Gebirgen, in blättrigen, strahligen oder dichten Massen auch in Gesteinen eingesprengt, doch stets in den ältesten Gneis- und Glimmerschiefergebirgen. Man hat in ihm das Endglied des langsam vor sich gehenden Verkohlungsprozesses gefunden, also jenes Stadium, das der letzten Reste von anderen Elementen bar ist und nur noch reinen Kohlenstoff nachzuweisen hat. Doch darf man diese Entstehungsweise, die übrigens vielfach angezweifelt wird, nicht auf alle Graphitlager ausdehnen.

Seit Mitte des 16. Jahrhunderts, wo man in Cumberland bedeutende Graphitlager entdeckte (nun erschöpft) und zugleich von diesem Reiß-(Zeichen-)Blei Gebrauch zu machen wußte, ist eine Menge von Graphitlagern erschlossen worden. In Europa haben wir die reichen böhmischen Lager (Krumau), die Fundstätten in Niederösterreich, in Passau und im Fichtelgebirge, in Sachsen und stellenweise auch in Frankreich. Von den übrigen Weltteilen sind besonders die sibirischen Graphitlager (Mine Marinskoi im Tunkinsker Gebirge), die ostindischen, nordamerikanischen Lager und jene auf Ceylon zu erwähnen.

Nicht selten ist Graphit mit Quarz vergesellschaftet und tritt als Graphitschiefer oft in Gneisen, Glimmerschiefern, oft auch in Gesellschaft von Kaolin, mit kristallinischen Kalken in Lagern auf, die eine Mächtigkeit von 24 m aufweisen.

Für die Industrie ist Graphit von großer Bedeutung. Nürnberg, der Hauptsitz der Bleistiftfabrikation, hat allein 28 Fabriken, die den Graphit in großen Blöcken teils aus Sibirien, teils aus Passau beziehen und jährlich gegen 250 Millionen Stifte im Wert von $8^1/_2$ Millionen Mark erzeugen.

Von anderen Industrien sei auf die Herstellung von Schmelztiegeln (wie die der Passauer, deren Produktion auf das 15. Jahrh. zurückgeht), auf die Verwendung zu feuerfesten Gefäßen hingewiesen u. s. w. Durch den Umstand, daß sich der Graphit durch Lösen von Kohle in geschmolzenem Eisen herstellen läßt, spielt er in der Eisenindustrie, speziell in der Gußstahlfabrikation eine große Rolle.

Amorphe Kohle.

Diese dritte Form chemisch reinen Kohlenstoffes kann durch Verkohlen organischer Körper unter Luftabschluß in verschiedenster Art erhalten werden; so z. B. als Ruß durch Verbrennen sehr kohlenstoffreicher Harze, Oele (Terpen-

tin), Fette, durch Blaken der Lampe u. s. w. Man verwendet ihn zur Tuschbereitung, zur Herstellung von Druckerschwärze, Wichse. Andere amorphe Kohlen, die neben Stickstoff und Wasserstoff auch mineralogische Bestandteile aufweisen, sind:

Die Gaskohle, die sich bei der Leuchtgasbereitung in den Röhren absetzt, der Koks, die Holzkohle, die Tierkohle.

Was nun endlich unsere fossilen Kohlen anbelangt, so sind dieselben durch den bereits erwähnten Vorgang, namentlich durch den Verlust von O und H an C immer reicher geworden. Folgende Tabelle zeigt uns, indem sie von der jüngsten Kohlenstoffbildung ausgeht und die Holzfaser zur Grundlage nimmt, die Anreicherung an Kohlenstoff.

	C	H	O und N
Holz	50 %	6 %	44 %
Torf	60 %	6 %	34 %
Braunkohle	67 %	5 %	28 %
Steinkohle	89 %	5 %	6 %
Anthrazit	99 %	3 %	3 %
Graphit	100 %	— %	— %

Torf.

In vielen Gegenden Deutschlands, vor allem in der norddeutschen Tiefebene und in Bayern finden sich Landschaften, die man mit dem Namen Torfmoore bezeichnet. Sie nehmen etwa $4^1/_2$ % der Oberfläche unseres Vaterlandes ein und haben mitunter eine Mächtigkeit bis zu 15 m.

Wir haben es mit dem jüngsten Glied (siehe Tabelle) der Kohlenbildung zu tun, mit einem Gemenge von unzersetzten oder nur teilweise zersetzten Pflanzen nebst erdigen Bestandteilen. Der Torf bildet sich heute noch wie in der Vorzeit und zwar da, wo wir sumpfigen oder beständig feuchterhaltenen Boden antreffen, der mit bestimmten Pflanzen wie Heidekraut, Torfmoos, Riedgräsern, vielleicht auch Weiden besetzt ist. Wenn wir noch hinzufügen, daß eine wasserdichte Unterlage von Ton mit geringer Bodenneigung (um die Gewässer zu halten) zu dem Wesen einer Moorlandschaft gehört, so sind alle Bedingungen, unter denen Torf sich bildete und noch bildet, gegeben.

Die größten Torfmoore in Island halten in Bezug auf Größe den Vergleich mit den Kohlenfeldern aus. Gewaltige Ausdehnungen erreichen die Torflandschaften in Nordamerika und Asien (Tundren). Einschlüsse von Resten ausgestorbener Tiere (Riesenhirsch, Auerochs u. a.) beweisen das relativ hohe Alter der Torfbildung. Das spez. Gewicht der derben, hell- bis dunkelbraunen Masse, deren pflanzliche Struktur sich durch die Zellen und Gefäßbündel deutlich erkennen läßt, beträgt je nach der Vermengung mit Sand und Erde bald mehr, bald weniger als 1 (Wasser). Diese Bestandteile beeinflussen auch den Aschengehalt. Je nach der Zusammensetzung und der

technischen Verwertung unterscheidet man zahlreiche Arten dieses Brennmaterials. Mit dem Namen Preßtorf bezeichnet man das mittels Maschinen festgepreßte Produkt.



Fig. 91. Nadelkohle von Lobsann.

Braunkohle.

An verschiedenen Orten, so namentlich in den Nordalpen, finden sich Lager von holziger Braunkohle (Lignit), die auch den Namen Schieferkohle führt. Man hat es mit Stämmen und Ueberresten von Nadelhölzern, Eschen, Pappeln, Weiden zu tun, teils torfähnlicher, teils kohlenartiger Beschaffenheit. Die äußere, vegetabilische Form und Struktur wird häufig beibehalten; Fig. 91 zeigt uns z. B. eine Nadelkohle von Lobsann im Elsaß, deren Holz- und Gefäßbündel auf Palmen-Gewächse zurückzuführen sind. Nicht selten findet man in Braunkohlen fossile Blätter (Fig. 92), Früchte, Moose, Gräser, Insekten, verkohlte Süßwasserfische.

Wenn auch die Entstehung der Braunkohle weitaus zum großen Teile hinter der des Torfes liegt, so ist eine solche bis zur Gegenwart noch nachzuweisen. So ist z. B. die vor 400 Jahren verstürzte Zimmerung in einer Klaustaler Grube in Braunkohle umgewandelt worden. Häufig ist die Braunkohle dicht, erdig, blätterig bis schieferig. Sie hat einen muscheligen, holzartigen oder unebenen Bruch, holzbraune bis pechschwarze Farbe und einen matten, auch schimmernden Glanz. Härte 2,5 spez. Gew. 1—1,5. Vor dem Lötrohr verbrennt Braunkohle mit Rauch, unangenehmem Geruch und großem Aschenrest. Mit Kalilauge oder Salpetersäure gekocht, gibt sie durch die Humussäure eine gelbe bis braune Farbe, beim Destillieren Essigsäure, die an Ammoniak gebunden sein kann. Erhitzt man Braunkohle mit Schwefel, so

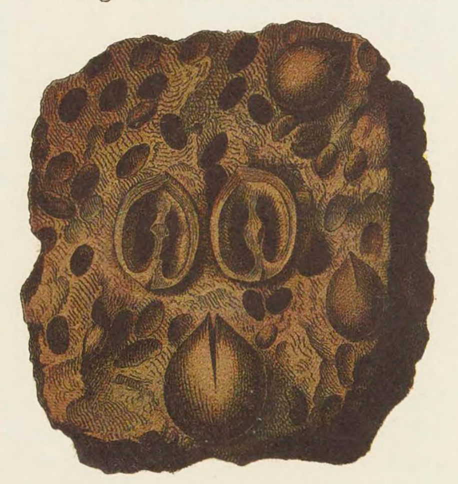


Fig. 92.
Erdige Braunkohle von Salzhausen.

entsteht Schwefelwasserstoff und zwar in größeren Mengen als bei demselben Verfahren mit Steinkohle. Man unterscheidet gemeine Braunkohle, Nadelkohle, Rostkohle, Pechkohle, Papierkohle (sehr dünn) etc.

Braunkohlenlager finden sich zwar nie in der Ausdehnung wie unsere großen Steinkohlenlager, kommen aber in allen Ländern vor.

Man verwendet Braunkohle als Brennmaterial, zur Vitriolbereitung, auch als Düngmittel. Durch trockene Destillation gibt sie Paraffin. Pechkohle läßt sich drechseln und zu verschiedenen Kunstgegenständen verarbeiten.



Fig. 93. Stammstück von Calamites.

Fig. 94. Stammstück von Lepidodendron elegans.

Fig. 95. Sphenopteris (Farne).

Steinkohle.

Sie ist wie die Braunkohle amorph und wie diese auch pflanzlichen Ursprungs, und zwar ist sie wohl aus den Blättern, dem Holze und den Korkschichten hervorgegangen. Freilich ist die pflanzliche

Struktur nicht mehr so leicht wie bei der Braunkohle nachweisbar; es bedarf dazu oft sehr eingehender mikroskopischer Untersuchungen. Ihre schwarze Grundfarbe zeigt mitunter einen Ton ins Braune oder Graue. Sie besitzt Glas- und Fettglanz, mitunter auch Seidenglanz. H. 2, das spez. Gew. 1,5. Der Bruch ist uneben, faserig, auch muschelig. Die chemische Zusammensetzung ist bereits bekannt, jedoch müssen wir noch der sie verunreinigenden Beimengungen von Erden, Metalloxyden und namentlich von Schwefelmetallen gedenken.

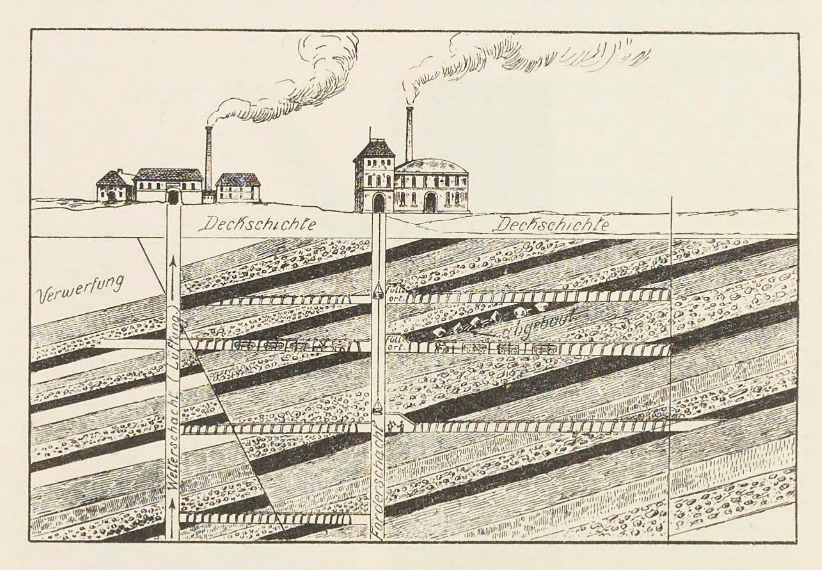


Fig. 96. Längsschnitt durch ein Steinkohlenflöz. Schichten von Schieferton, Konglomerat und Sandstein wechseln ab. (Schwarz bedeutet Kohle.) Vom Hauptschacht an führen Stollen zu den abbaufähigen Flözen. Der Wetterschacht führt gute Luft zu und schlechte ab.

Steinkohle färbt Kalilauge nicht braun, verbrennt mit starker Flamme und bituminösem Geruch. Während die Entstehung der Braunkohle verhältnismäßig jungen Datums ist und in der Gegenwart noch vor sich geht, ist die Bildung der Steinkohle auf eine ältere Periode der Erdgeschichte zu verweisen. Diejenigen Pflanzentypen, welche sich an der Steinkohlenbildung beteiligt haben, sind zum Teil ausgestorben, zum Teil haben sie uns nahe Verwandte hinterlassen. Es waren im allgemeinen baumartige Gewächse, wie Calamiten (Fig. 93), Sigillarien, Lepidodendren (Fig. 94) und Farne (Fig. 95). Das Innere der Erde hat uns verschiedene Exemplare in gut erhaltenem Zustande,

Stämme bis zu einer Höhe von mehreren Metern und in natürlicher Stellung, aufbewahrt und zwar in Schieferton und Sandstein.

Die Steinkohlenreviere, über deren Entstehungsursachen vorderhand die Meinungen noch auseinandergehen, zeigen hinsichtlich des Baues ihrer Flöze und ihrer Ausdehnung eine gewisse Aehnlichkeit, die sich namentlich in der Beschaffenheit der begleitenden Gesteine, Schiefer, schiefriger Tone, zeigt (Fig. 96).

Mitunter bilden die Einschaltungen nur einige Zentimeter und teilen so das Flöz in 2 Teile.

Die Ausdehnung der Lager in horizontaler Richtung ist eine wechselnde. Manche westfälischen Steinkohlenflöze nehmen einen Flächenraum von 9 bis 10 Quadratmeilen ein, ungleiche Flözgruppen dehnen sich bis zu 30 Quadratmeilen aus; der Pittsburger Flöz in Nordamerika nimmt 690 Quadratmeilen ein. Die Gesamtmächtigkeit der kohlenführenden Schichten beträgt 5000 bis 7000 m, die der einzelnen Flöze bis 5 m.

Der Kohlenreichtum der einzelnen Länder steht in einem ungleichen Verhältnis zur Kohlenproduktion. So erzeugt China, das vielleicht überhaupt die größten Steinkohlenlager aufweist, eine nicht nennenswerte Ziffer. Nordamerika, dessen Steinkohlen führende Fläche auf nahezu 200 000 englische Quadratmeilen geschätzt wird, produziert etwa 200 000 000 Tonnen Kohlen, während England mit nur 9000 englischen Quadratmeilen Kohlenfeldern 205 000 000 Tonnen fördert. Deutschland mit 3 hervorragenden Kohlenbecken (Ruhrbecken, oberschlesisches Becken, Saarbecken) steht mit 127 000 000 Tonnen an dritter Stelle. Die von Deutschland jährlich geförderten Kohlen haben einen Wert von ungefähr 78 500 000 Mark. In welchem Maß die Steinkohle namentlich dann, wenn sie sich mit Eisen zusammen vorfindet, imstande ist den Nationalreichtum zu fördern, das zeigt uns vor allem England.

Anthrazit (anthrax, Kohle).

Auch diese Kohle ist eine amorphe Substanz mit muscheligem Bruch. H. 2—2,5, spez. Gew. 1,4. Sie zeichnet sich durch eisenschwarze, manchmal grünlichschwarze Farbe und einen starken metallartigen Glasglanz aus. Säuren und Kalilaugen bringen keine Wirkungen hervor. Anthrazit schmilzt im Feuer nicht, verbrennt schwer ohne Rauch und mit ganz schwacher Flamme. In der Steinkohlenformation findet sich Anthrazit, der ebenfalls aus Pflanzensubstanz besteht, mitunter in großen Lagern. Hauptfundorte sind: Rhode-Island, Pennsylvanien, Schönfeld in Sachsen, die piemontinischen Alpen. Als Brennmaterial hat sich Anthrazit sehr bewährt; er läßt sich jedoch zur Vergasung nicht gebrauchen.

Wir haben also den Kohlenstoff in 3 verschiedenen Arten kennen gelernt. Stets ist er ein fester Körper, der nicht schmelzbar ist und bei sehr hoher Temperatur (im elektrischen Flammenbogen) verflüchtigt. Allen drei Modifikationen ist gemeinsam, daß sie mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlendioxyd (gewöhnlich Kohlensäure genannt) verbrennen ($C + O_2 = CO_2$).

Man nimmt an, daß die Kohlenstoffmoleküle aus einer großen Anzahl von Atomen zusammengesetzt sind und erklärt die drei Modifikationen (allothropische Arten) durch die wechselnde Zahl der Atome.

Schwefel (S).

Der Schwefel, ein in der Erde vielfach verbreitetes Element, kommt großenteils in Verbindungen vor und bildet auf diese Weise eine Anzahl wichtiger Mineralien. Jedoch ist auch sein Vorkommen als elementarer Stoff in vulkanischen Gegenden nicht selten. Er findet sich amorph, in kugeligen, nierenförmigen Gebilden, in faserigen Trümmern, oder mehlig, in Kristallen des rhombischen Systems, die teils einzeln, teils zu Kristallgruppen und Drusen vereinigt, auftreten und zwar in den vulkanischen Gebieten Girgenti, Sercara, Cattolica etc. Ferner in Kroatien, Aragonien, bei Bex in der Schweiz.

Fig. 97. Schwefelkristall von Girgenti in Sizilien.

Im allgemeinen sind die Kristalle pyramidal, vorherrschend ist die Grundpyramide. Fig. 97 zeigt eine Kombination der Grundpyramide mit anderen Pyramiden, Domen, Pinakoiden, Basis- und Prismenflächen.

Schwefel hat H. 1,5—2,5, spez. Gew. 1,9—2,1. Er ist nach der Basis und nach ∞P spaltbar. Der Bruch ist muschelig zu uneben und splitterig. Die Farbe ist gelb (schwefelgelb), gelblichbraun. Er ist fettglänzend und durchscheinend, gewöhnlich undurchsichtig und spröde. Erwärmt man Schwefel in der Hand, so knistert er und wird elektrisch. Bei 114 Grad schmilzt er zu einer gelben beweglichen Flüssigkeit, die bei stärkerem Erhitzen dunkler und so zähe wird, daß sie sich aus dem Gefäße nicht mehr ausgießen läßt; über 300 Grad erhitzt, wird er wieder dünnflüssig und bei 448 Grad siedet er, wobei er sich in orangegelben Dampf verwandelt. Künstlich erhält man sehr schöne rhombische Schwefelkristalle, durch Auflösen von Schwefel in Schwefelkohlenstoff (CS_2) und langsames Verdunsten. Wenn man dagegen Schwefel schmilzt, die Masse abkühlen läßt bis sich ein Häutchen bildet und

dieses mit einem spitzen Gegenstande durchstößt, so daß der darunter sich befindliche flüssige Schwefel ausgegossen werden kann, dann finden sich nach völliger Abkühlung im Gefäße monokline Kristalle vor, die nach allen Seiten ausstrahlen. Sogenannten plastischen Schwefel erhält man dadurch, daß man auf 230 Grad erhitzten Schwefel in einem dünnen Strahle in kaltes Wasser gießt; es ist das amorpher Schwefel, der sich allerdings nach einigen Tagen wieder in rhombischen verwandelt.

Entstehung des Schwefels.

Die Entstehung von natürlichen Schwefelkristallen oder amorph vorkommendem Schwefel ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Ein hervorragender Anteil an der Bildung kommt dem Schwefelwasserstoff zu (H_2S), der sowohl als Gas aus vulkanischen Spalten entweicht als auch gelöst in Schwefelquellen sich vorfindet. Tritt Schwefelwasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung, so verbindet sich letzterer mit dem Wasserstoff zu H_2O und Schwefel wird frei, wie uns das eine einfache Gleichung vorstellt. $H_2S + O = H_2O + S$. Leitet man z. B. H_2S in Wasser ein und lässt den Sauerstoff der Luft ungehindert zutreten, dann fällt Schwefel allmählich aus.

In den Gasen der Vulkane ist stets Schwefelsäureanhydrit (SO_2) vorhanden, das durch Verbrennen von Schwefel (z. B. auch bei den gewöhnlichen Schwefelhölzchen) entsteht. Auch dieses wirkt auf Schwefelwasserstoff ein und scheidet Schwefel ab. Ferner bildet sich unser Element durch Sublimation, wie z. B. in vulkanischen Gegenden, und kann dann in diesem Falle als Zersetzungsprodukt von Gips ($CaSO_4 + 2\,H_2O$) und Anhydrit ($CaSO_4$) angesehen werden.

In Fäulnis übergehende organische Substanzen spalten bei ihrer Verwesung Kohlensäure und Sauerstoff ab. Ist dieser nicht genügend vorhanden, so zersetzt der von den Organismen herrührende Kohlenstoff sauerstoffhaltige Verbindungen wie z. B. Gips und reduziert denselben zu Kalziumsulfid (CaS). Der Vorgang ist aber hiemit noch nicht abgeschlossen, es bildet sich durch die Kohlensäure kohlensaurer Kalk ($CaCO_3$) und Schwefel wird frei; daher erklärt sich auch das häufige Vorkommen von kristallisiertem Aragonit ($CaCO_3$) mit Schwefel und die Umwandlung von Ton in Mergel.

Schwefel ist von Gips, Aragonit, Kalzit und Cölestin (Strontiumsulfat) begleitet und in Bändern von 2 bis 2 $^1/_2$ m in Kalkmergeln eingelagert, in denen sich zahlreiche Abdrücke von Pflanzen, Fischen,

und Insekten zeigen. Außer den bereits genannten Fundorten sind noch zu erwähnen: Bex (Schweiz), Radoby (Kroatien), die Gegend von Krakau, Aachen, Neundorf (Hannover) und die Insel Island.

Von der vielfachen Verwendung unseres Minerals sei hier nur hingewiesen auf die Herstellung der Zündhölzer, des Schießpulvers, des Zinnobers, auf die Anwendung behufs Schwefeln von Seide, Wolle, Stroh, Fässern u. s. w.

Gold (Au).

Die regulären Kristalle des Goldes treten gewöhnlich als Würfel oder Oktaeder, mitunter auch als Rhombendodekaeder und in Kombinationen und Zwillingsformen auf. **Nicht selten** sind die Kristallflächen uneben, verzerrt, undeutlich. Auch haar-, draht-, moos- und baumförmig, in Blättchen (Fig. 98) und Brocken, als Goldstaub, Goldsand, in Körnern, sogen. Blüten, in Klümpchen und Klumpen bis zu 70 kg kommt unser Metall vor. Gold hat hakigen Bruch, goldgelbe bis messinggelbe oder speisgelbe Farbe. Diese ist nämlich wie das spez. Gew., das von 19 bis 12 herabgehen kann, abhängig von den häufig vorkommenden Beimengungen von Silber, Kupfer und Eisen. Je silberhaltiger das Gold ist, desto lichter ist es in der Farbe und desto geringer im Gewichte. Gold von speisgelber Farbe und mit über 20 % Silber heißt Elektrum. Von allen Metallen ist Gold das dehnbarste, es läßt sich in feinste Drähte ziehen und in dünne, grün durchscheinende Blättchen schlagen. In einfachen Säuren ist es nicht löslich, nimmt man aber sogenanntes Königswasser, ein Gemisch von Salzsäure und Salpetersäure, dann wird es zu Goldchlorid gelöst und durch Metalle als dunkelbraunes Pulver gefällt. Sauerstoff verändert das edle Metall selbst beim Glühen nicht. Vor dem Lötrohr schmilzt es leicht, bei 1060 Grad wird es zu einer grünlichen Flüssigkeit und bei ca. 1600 Grad verwandelt es sich in Dampf.

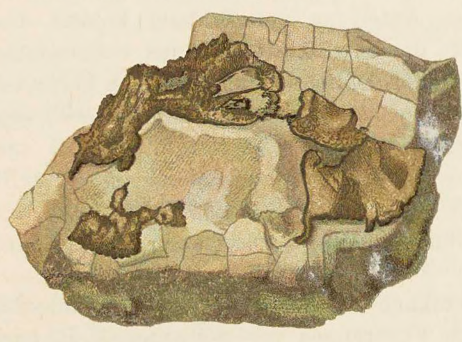


Fig. 98. Goldblättchen auf Quarz von Vöröspatak in Siebenbürgen.

Die Frage nach der Art und Weise des Vorkommens unseres Metalles erfordert ein Eingehen auf die Lager- oder Fundstätten

der metallischen Mineralien überhaupt, auf die Art und Weise ihrer Bildung und ihrer geologischen Umgebung.

Wenn auch über den Ursprung der Lagerstätten verschiedene Ansichten herrschen, so liegt es doch in gewissen Fällen sehr nahe, die Entstehungsursachen entweder nur dem Vulkanismus oder nur der Tätigkeit des Wassers zuzuschreiben. Durch vulkanische Ausbrüche werden Metalle an die Oberfläche gebracht, sowohl häufig vorkommende wie Eisen als auch seltene, die infolge ihres großen spez. Gewichtes im tiefsten Innern der Erde lagern und zu den seltensten Erscheinungen der Erdkruste gehören. Vulkanische Gesteine, Granite und Schiefer enthalten feinstverteilte Mengen von den verschiedensten Metallen. Durch die chemische und mechanische Tätigkeit des Wassers werden dieselben befreit und von dem Wasser, das in alle Spalten und Klüfte dringt, zu sogen. Lagerstätten zusammengeführt.

Die Ablagerungsstätten, die keineswegs einheitliche Verhältnisse wie die Kohlenfelder darstellen, führen nach ihrer Ausdehnung, Form und Beschaffenheit verschiedene Namen.

Flöze nennt man solche Lagerstätten, welche in Form von Schichten auftreten.

Lagerstöcke zeigen bei geringer Ausdehnung eine große Mächtigkeit.

Erznieren oder Nester sind Ablagerungen von geringer Ausdehnung.

Gänge sind Ausfüllungen von Spalten.

Hinsichtlich ihrer Entstehung unterscheidet man:

1. Sedimentäre Lagerstätten, welche durch Ablagerungen oder aus Niederschlägen wässeriger Lösungen entstanden sind. Sie unterliegen allen Faltungen und Verwerfungen des Gesteins, in welchem sie eingeschlossen sind.

2. Eruptive Lagerstätten, wenn man anzunehmen gezwungen ist, daß das in dem vulkanischen Gestein eingeschlossene Erz gleichzeitig mit ersterem gebildet wurde.

3. Hohlraumausfüllungen.

4. Trümmerlagerstätten, wenn ursprüngliche Lagerstätten mechanisch oder chemisch zerstört wurden und das zerkleinerte Material an anderer Stelle abgelagert bezw. angeschwemmt wurde. Metalle wie Gold und Platin, die chemisch widerstandsfähig sind, werden in solchen Schwemmbildungen — Seifen genannt — chemisch rein angetroffen. Ihre oberflächliche Lagerung hat den Menschen zur Entdeckung der Metalle geführt.

Von besonderer Wichtigkeit sind die sogenannten Hohlraumausfüllungen. Hohlräume, Spalten, Gänge und Höhlen entstehen bei allen Gebirgen und zwar aus verschiedenen Ursachen, wie durch Berstungen, Einstürze, Auswaschungen u. s. w. Die Spalten sind zum Teil leer, teils werden sie durch Sand oder Ton vom Nachbargestein ausgefüllt (taube Gänge), teils sind sie erzhaltig. Die auf solche Weise ausgefüllten Gänge sind nun die für uns wichtigen

Erzgänge. In verschiedener Mächtigkeit, von papierdünnen Blättern bis zu 50 m dicht, und in verschiedener Tiefenausdehnung, mitunter bis zu 1000 m, treten diese Gänge teils vereinzelt, teils in größerer Anzahl parallel gehend oder netzartig auf. Sie teilen sich in kleinere (Fig. 99 und 100), wechseln in der Dicke, durchkreuzen und begegnen sich, um sich wieder zu trennen. In diesen Gängen werden die Erze, teils aus wässerigen Lösungen, zum Teil aus Nachbargestein herrührend, abgesetzt, oder sie stammen aus dem Erdinnern und sind auf eruptivem Wege dahin gebracht worden. In Bezug auf die Ausfüllung der Gangspalten begegnet man häufig einer streng symmetrischen Anordnung, indem die gegenseitigen Spaltenwände von Krusten ein und desselben Minerals überzogen sind. Die Regelmäßigkeit geht aber noch weiter und erstreckt sich auch auf die weiter nach innen liegenden (später gesonderten) Mineralien. In der Mitte ist, wie Fig. 101 zeigt, gewöhnlich ein schmaler Drusenraum.

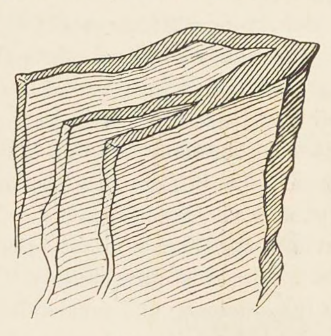


Fig. 99.
Erzgang (Zertrümmerung).

Fig. 100. Erzgang (Durchkreuzung).

Gold findet sich:

1. in kristallinischem Gestein verteilt und in regellosen Einlagerungen,
2. in Gängen, welche von Eruptivgestein begleitet sind,
3. in Quarzgängen ohne vulkanisches Gestein,
4. in Seifen.

Letztere haben wohl das meiste Gold geliefert, wurden aber durch den Umstand, daß die Gewinnung verhältnismäßig wenig Schwierigkeiten verursacht, bald erschöpft. Auch in Seifen kommt das Gold großenteils mit Quarzkörnern vermischt vor, mit welchen es als Schutt vom Wasser fortgeschwemmt und abgelagert wurde. Der in vielen deutschen Flüssen (Mosel, Rhein, Donau, Isar etc.) vorkommende Goldsand verlohnt die Ausbeute nicht. An der Spitze der goldreichsten Länder steht der Westen Nordamerikas (Kalifornien).

Im übrigen Amerika treten besonders Mexiko, Peru, Chile und Brasilien hervor. In Afrika sind die Transvaaler Goldfelder hervorzuheben, in Australien die Viktoria-Goldfelder, deren Seifen Klumpen bis zu 70 kg aufzuweisen haben. In Asien ist das uralische und sibirische



Fig. 101. Prinzengang bei Freiberg (schematisch).
a. Blende. b. Quarz. c. Flußspat. d. Blende. e. Schwerspat. f. Pyrit. g. Schwerspat. h. Flußspat. i. Pyrit. k. Kalkspat. l. z. T. Leerer Raum. Drusenförmige Kristalle.

Rußland zu erwähnen. Von den europäischen Ländern sind die im Altertum und im Mittelalter berühmten Fundstellen nahezu erschöpft (Spanien, Böhmen, Siebenbürgen). Nur die Karpathen weisen noch Gold auf.

Die Goldproduktion der Erde ist noch fortwährend im Steigen begriffen. Dieselbe betrug nach abgerundeten Zahlen im Jahre 1901 in Nordamerika 106 000 kg, in Australien 120 000 kg.

Platin (Pt, Fig. 102).

Es kristallisiert regulär und zwar in Würfeln, mitunter in Oktaedern. Viel häufiger aber findet es sich amorph, in platten oder zackigen Körnern mit glänzenden Oberflächen oder auch in Klumpen bis zu 9 kg. H. 5, spez. Gew. 17 bis 19 (gehämmertes Platin 20). Es zeigt keine Spaltbarkeit, hat hakigen Bruch, ist dehnbar und geschmeidig, silberweiß und metallglänzend. Vor dem Lötrohr schmilzt es nicht, wohl aber im Knallgasgebläse. Es löst sich in Salpetersäure und in Königswasser. Platin findet sich als Begleiter von seltenen Metallen, wie



Fig. 102. Platin von Nischne Tagilsk am Ural.

Palladium, Iridium, Osmium, dann aber auch mit Gold, Eisen und Kupfer zusammen, vornehmlich im Schwemmlande. Als Hauptfundort gilt der Ural. Rußland produziert jedes Jahr gegen 6000 kg, Brasilien und Borneo zusammen 700 kg. Wegen seiner Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und hohe Temperaturen findet das Platin vielfach Verwendung in chemischen und physikalischen Laboratorien (Tigel, Schalen, Löffel) und in Fabriken (Konzentrationskessel für Schwefelsäure). Der Platinpreis ist fortwährend im Steigen begriffen. Das kg kostet gegenwärtig 3700 Mark.

Mit den bisher besprochenen Mineralien ist die Reihe der kristallisierenden Elemente noch nicht erschöpft. Außer verschiedenen, seltener vorkommenden, haben wir noch folgende zu erwähnen.

Arsen	kristallisiert	hexagonal-rhomboedrisch,
Antimon	„	„ „
Wismut	„	„ „
Eisen	„	regulär,
Blei	„	„
Silber	„	„
Kupfer	„	„

Quecksilber hat man auf künstlichem Wege in hexakisoktaedrischen Kristallen erhalten.

Da aber diese Elemente viel häufiger in Verbindungen als gediegen vorkommen, so werden wir derselben an anderer Stelle gedenken.

II. Klasse. Sulfide. (Fortsetzung der Elemente.)

Nachstehende Uebersicht gibt eine nach Gruppen geordnete Zusammenstellung der wichtigen Vertreter dieser Klasse. Isomorphismus und Isodimorphismus sind hier ziemlich häufige Erscheinungen, so daß die untenstehenden Reihen durch Angabe der weniger häufig vorkommenden Mineralien eine bedeutende Erweiterung erfahren würde.

Sulfide der Metalloide.

Realgar AsS monoklin. As = S oder As_2S_2 S = As — As = S.

Auripigment As_2S_3 }
Antimonglanz Sb_2S_3 } monoklin isomorph.
Wismutglanz Bi_2S_3 }

Sb = S
> S
Sb = S

Sulfide der Metalle.

Zinkblende ZnS kubisch }
Wurtzit ZnS rhomboedrisch } isodimorph.

Speiskobalt (CoNiFe) As_2.

Schwefelkies FeS_2 kubisch }
(Pyrit, Eisenkies) } „
Markasit FeS_2 rhombisch }

(Speerkies)
Arsenkies $Fe(AsS)_2$.
Bleiglanz PbS kubisch (auch isodimorph).
Silberglanz Ag_2S „
Kupferglanz Cu_2S rhombisch.
Zinnober HgS „

Sulfosalze.

Kupferkies FeS_2Cu tetragonal: $Fe\begin{smallmatrix}\diagup S\\ \diagdown S\end{smallmatrix}$

Nach ihren äußeren Eigenschaften teilt man die Metalle dieser Klasse ein in Kiese, Glanze und Blenden.

Kiese haben metallisches Aussehen und meist gelbe, weiße oder rote Farbe. Ferner sind sie spröde.

Glanze sehen ebenfalls metallisch aus, sind grau oder schwarz und mild.

Blenden haben nicht metallisches Aussehen, ferner Diamant- oder Perlmutterglanz. Mild.

Arsen (As) und seine Verbindungen.

Die Chemie rechnet Arsen trotz seiner Eigenschaften, die an ein Metall erinnern, zu den Metalloiden und zwar zur Stickstoffgruppe. Maßgebend ist dabei der Umstand, daß viele Arsenverbindungen mit denen des Stickstoffs und Phosphors Aehnlichkeit haben. So zeigen z. B. der Stickstoffwasserstoff NH_3, der Phosphorwasserstoff PH_3 und der Arsenwasserstoff AsH_3, ebenso verschiedene Halogenverbindungen noch die gleiche Konstitution $W\begin{smallmatrix}\diagup H\\ -H.\\ \diagdown H\end{smallmatrix}$



Fig. 103. Arsen von Andreasberg am Harz.

Arsen findet sich gediegen und in Verbindungen. Gediegen zeigt es sich, wenn auch nur selten, kristallinisch und zwar rhomboedrisch. Viel häufiger ist Arsen von trauben- oder nierenförmiger Gestalt mit körniger oder faseriger, auch krummschaliger Absonderung (sogenannter Scherbenkobalt, Fig. 103).

Es kommt auch eingesprengt vor. Frischer Bruch ist metallglänzend, H. 3,5, spez. Gew. 5,8. Das sehr giftige Mineral verflüchtigt sich vor dem Lötrohr mit einem knoblauchähnlichen Geruch (Merkmal der Arsenverbindungen). Im Glasröhrchen (Kohle) erhitzt, bildet es einen metallischen Spiegel. Beim Rösten auf Kohle gibt es einen weißen, nach Knoblauch riechenden Rauch, der sich als weißes Pulver an der Kohle niederschlägt. Salpetersäure verwandelt Arsen in arsenige Säuren. Als Fundorte kommen in Betracht der Harz (Andreasberg), das Erzgebirge, Freiberg, Annaberg, Schneeberg in Sachsen, Joachimstal und Przibram (Böhmen), Münstertal in Baden, Ungarn, Sibirien, Chile. Gewöhnlich findet es sich auf Gängen mit arsenhaltigen Silber- und Kobalterzen.



Fig. 104. Realgarkristalle auf Mergel von Kapnik in Ungarn.

Zu den bekannteren Arsenverbindungen gehören folgende:

Realgar (Fig. 104),

ein morgenrotes, wachsglänzendes Mineral, mit orangegelbem Strich, kristallisiert monoklin und zwar in prismatischen Kristallen oder Kombinationen, findet sich aber auch derb, knollig und eingesprengt. Beim Erhitzen im Kolben sublimiert es als dunkelgelbe bis rote Masse, vor dem Lötrohr schmilzt es. Es findet sich in Erzgängen bei Andreasberg, Joachimstal, ferner in Kapnik in Ungarn, Japan.

Auripigment

(Rauschgelb) kristallisiert rhombisch (Fig. 105). Die Kristalle (Kombinationen) sind gewöhnlich kurz säulenförmig, manchmal krummflächig und zu Drusen verbunden. Das Mineral findet sich auch kristallinisch, derb und eingesprengt. Auripigment hat eine höchst vollkommene Spaltbarkeit, ist zitronen- bis orangegelb, durchscheinend, in Blättchen biegsam. Strich gleichfarbig. Vor dem Lötrohr schmilzt und verbrennt es. Es läßt sich leicht künstlich herstellen (Schwefelwasserstoff), findet sich häufig mit Realgar und wird als Malerfarbe und in der Färberei benützt.



Fig. 105. Auripigment von Neusohl in Ungarn.

Arsenkies oder **Mißpickel** (Fig. 106)

kristallisiert in verschiedenen Formen des rhombischen Systems, kommt aber auch derb und eingesprengt vor. Die Farbe ist silberweiß bis stahlgrau, der Strich schwarz. H. 5,5, spez. Gew. 6. Schmilzt vor dem Lötrohr zu einer schwarzen, magnetischen Kugel und bildet beim Erhitzen im Kolben ein braunes Sublimat von Schwefelarsen und Arsen. Fundorte: Andreasberg, Freiberg, Zinnwald, Reichenstein in Schlesien, Markirch im Elsaß, Ungarn, Steiermark, England und zwar großenteils in Erzgängen, wo er mit Silber-, Kobalt-, Nickel- und Zinnerzen vergesellschaftet vorkommt. Er tritt auch im körnigen Kalk (Auerbach) oder im Dolomit auf.

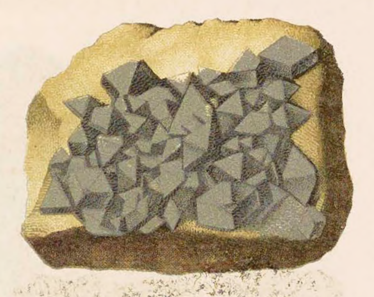


Fig. 106. Mißpickel von Freiberg in Sachsen.

Arsenige-Säure, Arsenblüte (As_2O_3)

entsteht beim Verbrennen von As im Sauerstoff oder an der Luft, sowie auch durch Oxydation von Arsen. In der Natur findet es sich gewöhnlich in kristallinischen Krusten, welche flockige, mehlige Ueberzüge bilden.

Antimon (Sb)

läßt den metallischen Charakter noch mehr wie Arsen hervortreten. Es kristallisiert rhomboedrisch, freilich sind natürliche Kristalle sehr selten (Fig. 107). Gewöhnlich findet es sich derb, eingesprengt oder in kugeligen, nierenförmigen Aggregaten. Es spaltet nach der Basis, hat H. 3, spez. Gew. 6,6 und eine zinnweiße bis gelbe oder grünliche Farbe.

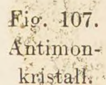


Fig. 107. Antimonkristall.

Vor dem Lötrohr schmilzt es leicht, verflüssigt sich auf Kohle und verbrennt mit weißer Flamme unter Hinterlassung eines weißen Beschlages. Sb findet sich in Begleitung von Silber und arsenhaltigen Metallen und mit ebensolchen Beimischungen in Andreasberg, Przibram, in Schweden, auf Borneo.

Antimonglanz (Sb_2S_3),

Grauspießglanz, kristallisiert in den verschiedensten Formen und Kombinationen des rhombischen Systems und zeigt eine deutliche Spaltbarkeit (nach $\infty P \infty$). Die Kristalle sind säulenförmig, nadelförmig und zu Drusen vereinigt (Fig. 108). Vor dem Lötrohr schmilzt er und bildet auf der Kohle, wo er verbrennt, einen weißen Belag. Heiße Salzsäure löst ihn, im Glasrohr sublimiert er. H. 2, spez. Gew. 4,6. Er ist rein bleigrau, manchmal schwärzlich und bunt angelaufen.

Fundorte sind Gänge und Lager in Andreasberg, Wolfsberg, Brilon, Ungarn, Siebenbürgen und im Fichtelgebirge u. a.



Fig. 108. Antimonit von Przibram in Böhmen.

Aus Antimonglanz wird Antimon im großen hergestellt, das zu verschiedenen Gegenständen verarbeitet wird.

Wismut (Bi, Fig. 109),

H. 2,5, spez. Gew. 9,8, kristallisiert in Rhomboedern, Kombinationen und Zwillingen des hexagonalen Systems. Meist sind die Kristalle verzerrt. Das Mineral findet sich auch eingesprengt, derb, körnig, baumförmig, federartig. Es ist silberweiß mit einem Stich ins Rötliche, bisweilen auch bunt angelaufen. Vor dem Lötrohr leicht schmelzbar, auf Kohle mit Hinterlassung eines zitronengelben Beschlages verdampfend. Wismut findet sich auf Gängen mit Kobalt und Nickelerzen, in Schneeberg, Annaberg, Joachimstal, in England, Schweden u. s. w. Aus Wismut und auch Bismutit (Bi_2S_3) wird Wismut-Metall hergestellt, das zu Legierungen und thermoelektrischen Batterien Verwendung findet.



Fig. 109.
Wismutkristalle als Hüttenprodukt.

Schwefelkies, Eisenkies, Pyrit (FeS_2),

(Doppelschwefeleisen, Fig. 110), das verbreitetste Mineral dieser Klasse, kristallisiert in den verschiedensten Formen des regulären Systems, holoedrisch, hemiedrisch, in Kombinationen und Zwillingen.

$$(\infty O \infty; \frac{\infty O n}{2} . \frac{m O n}{2} \text{ etc.})$$

Häufiger noch kommt der Schwefelkies knollig, nierenförmig, traubig und derb vor.

Bald bildet er selbständig Lager oder mit Kupfer und Magnetkies Lager und Stöcke, bald findet er sich in den verschiedensten Erzgängen (Harz- und Siegenerland). Er zeigt sich an Eruptivgesteinen, in kristallinischen Schiefern, in Tonen, Mergeln, in Stein- und Braunkohlen, (Geruch nach schwefliger Säure in der Nähe der Essen) und überzieht nicht selten als Versteinerungsmittel Organismen, wie z. B. Ammoniten (Fig. 111).

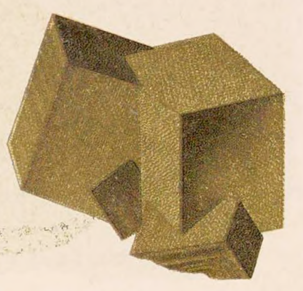


Fig. 110. Pyritkristalle von Tavistock in England.

Er ist unvollkommen spaltbar nach dem Würfel, hat muscheligen bis unebenen Bruch und speisgelbe Farbe (manchmal goldgelb oder rötlich angelaufen) und bräunlichschwarzen Strich. H. 6, spez. Gew. 5. Vor dem Lötrohr erhitzt, verbrennt Schwefelkies mit blauer Flamme, wobei FeS (Schwefeleisen) zurückbleibt. Ein Versuch mit dem Sauerstoffgebläse zeigt das Experiment noch schöner.

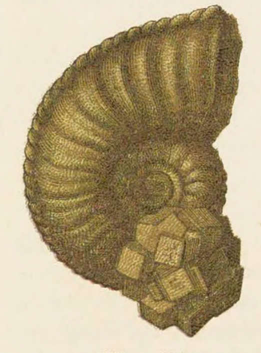


Fig. 111.
In Pyrit versteinerter Ammonites Amaltheus.

Durch Umwandlung in Eisenoxydhydrat zeigen die Kristalle mitunter eine braune Rinde, die unter Umständen so weit fortschreitet, daß Umwandlungen von Brauneisenerz nach Pyrit entstehen. Man trifft übrigens häufig Mineralkörper, welche eine bestimmte Kristallform nachahmen, die also, ohne selbst Kristalle zu sein, die Kristallform eines andern Minerals aufweisen. Solche Körper nennt man Afterkristalle oder Pseudomorphosen. Unser Schwefelkies zeigt außer den schon genannten auch Umwandlungs- und Umhüllungspseudomorphosen nach Markasit, Magnetkies, Arsenkies, Quarz, Fluorit, Aragonit etc.

Pyrit ist ein treffliches Beispiel für das Werden und Vergehen im Mineralreich, für die Unbeständigkeit und Umwandlungsfähigkeit der einzelnen Individuen.

Aus Eisenkies entsteht bei Zutritt von Luft, namentlich beim Liegen in freier Luft, Eisenvitriol und Schwefelsäure. Diese wirkt

auf die Umgebung ein und verwandelt z. B. Kalkstein in Gips, Ton in Tonerde etc.

Der glänzende Ueberzug von Eisenkies auf Versteinerungen entsteht dadurch, daß bereits entstandene Vitriole, die mit Wasser über den modernden Leib hinwegfließen, ihren Sauerstoff abgeben, also reduziert werden. Aehnlich ist auch das Auftreten des Pyrits auf Kohlen zu erklären.

Von den vielen Fundorten seien hier erwähnt: Freiberg, Goslar, Klaustal, Minden, mehrere Stellen in Westfalen, Elba, St. Gotthard, Spanien, welches eine besonders große Ausfuhr hat.

Eisenkies dient zur Herstellung von Eisenvitriol, Alaun, Schwefelsäure und Schwefel.

Markasit oder **Speerkies** (FeS_2, Fig. 112) hat die gleiche chemische Zusammensetzung wie Eisenkies und unterscheidet sich von diesem zunächst durch die Kristallform, welche dem rhombischen System angehört, und durch die gräulich-speisgelbe Farbe, sowie den grünlichgrauen Strich. Auch Markasit ist ziemlich verbreitet, wenn auch nicht so weit wie Eisenkies. Ein Zusammenvorkommen von beiden in Erzlagerstätten ist nicht selten, ebenso eine Verwachsung von Kristallen des Markasits und Pyrits. Die Verwendung ist dieselbe wie die des Schwefelkieses.



Fig. 112. Markasitkristallgruppe aus Sachsen.

Blei (Pb).

Gediegenes Blei, das sich bisweilen haar- und drahtförmig, ästig und in Platten, derb und eingesprengt zeigt, ist selten; noch spärlicher tritt es in Kristallen auf, die sodann dem regulären System angehören. Es erweist sich vor dem Lötrohr als sehr leicht schmelzbar, verdampft auf Kohle mit Hinterlassung eines schwefelgelben Beschlags, ist in Salpetersäure löslich und hat H. 1,5, spez. Gew. 11,3. Salzsäure fällt weißes Chlorblei, Schwefelsäure weißes Bleisulfat aus Lösungen. Sein metallischer Glanz geht an der Luft rasch verloren, da es sich leicht mit Sauerstoff verbindet. Von den vielen Verbindungen, die das Blei einzugehen vermag, sind nur 3 Erze bedeutend: Bleiglanz, Bleivitriol und Weißbleierz. Aber auch von diesen kommt wegen der Häufigkeit des Auftretens nur eine in Betracht, der Bleiglanz, die beiden andern sind nur Begleiter von ihm oder seine Umwandlungsprodukte. Wo er offen zutage tritt, haben ihn Luft und Regen chemisch verändert, es bilden sich dann sowohl die beiden genannten Mineralien als auch phosphorsaures, chromsaures und arsensaures Blei.

Bleiglanz (PbS, Fig. 113)

kristallisiert regulär und zwar in den Formen: $\infty O \infty$, O, ∞O. Von den Kombinationen ist besonders $\infty O \infty . O . \infty O$ hervorzuheben. Verzerrte, unebene, zerfressene Kristalle sind häufig. Ferner kommt Bleiglanz röhrenförmig, knollenförmig, traubig, besonders häufig derb und eingesprengt vor. Er spaltet nach dem Würfel. PbS ist meist mit Zinkblende vergesellschaftet und enthält auch etwas Zink, fast ausnahmslos aber Silber.

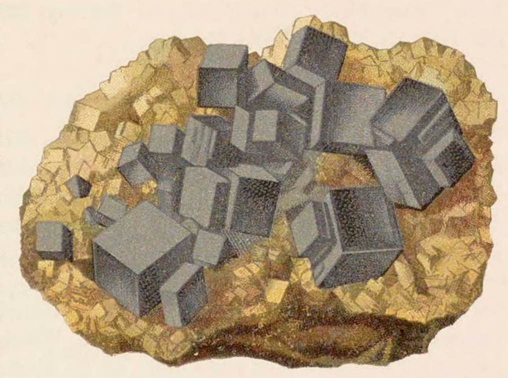


Fig. 113. Bleiglanzkristalle auf Flußspat aus Derbyshire in England.

Als weitere Begleiter unseres Minerals sind zu nennen: Kupferkies, Quarz, Baryt und Karbonate. In Flözen (bei Commern in der Eifel), Lagern (Rammelsberg mit Kupferkies) und Gängen (Klaustal, Freiberg).

Letztere bestehen aus 300 kiesigen Bleigängen, 400 edlen Bleigängen (silberhaltiger Bleiglanz und Silberglanz) und ungefähr 130 barytischen Bleigängen, ferner im rheinischen Schiefergebirge (Gangzug von Peterswalde bis Holzapfel gegen $7^{3}/_{4}$ Meilen), in Przibram in Böhmen und vor allem in Spanien. Höhlenfüllungen endlich weisen einige Lagerstätten in Oberschlesien und Westfalen (Brilon und Iserlohn) auf. Solche Höhlenfüllungen zeigen sich unter anderem auch in Nordamerika, wo das Bleierz nicht selten Dolomitlager durchbricht.

Der Bleibergbau hat ein hohes Alter. Römer, Phönizier und Karthager holten sich ihr Blei aus Spanien oder England, welch letzteres in vielen seiner Bleilagerstätten ausgebeutet wurde. Den Hauptanteil an der heutigen Bleiproduktion hat Nordamerika mit etwa 200000 Tonnen. Durch den Umstand, daß man jetzt in jenen Lagerstätten, wo man nur edle Metalle suchte und fand, auch nach Blei und anderen unedlen Metallen sich umsieht, hat Amerika Deutschlands und Spaniens Produktion überholt und die Preise bis auf heute fortgesetzt herabgedrückt.

Von den vielen Bleiverbindungen seien hier noch erwähnt Bleikarbonat, auch **Weißbleierz** genannt. Es kristallisiert rhombisch und ist meist Umwandlungsprodukt von Bleiglanz. Es wird als weißer Niederschlag erhalten, wenn man zu Bleinitrat Ammoniumkarbonat gibt.

Bleisulfat (siehe unter „Sulfate“!)

Bleinitrat, regulär. Durch Auflösen von Blei in Salpetersäure herstellbar.

Bleioxyd, Bleiglätte. PbO entsteht durch Erhitzen von Blei an der Luft. Rhombisch. Durch längeres Erhitzen (300 bis 400 Grad) von Blei an der Luft entsteht (Pb_3O_4) Mennige.

Zink (Zn).

Obwohl man schon im Altertum das Messing, eine Verbindung von Kupfer und Zink, verwendete, wurde das Zink erst im sechzehnten Jahrhundert (von Paracelsus) erkannt. Aber erst in verhältnismäßig junger Zeit hat man die hervorragenden Eigenschaften desselben, nämlich leichte Schmelzbarkeit und Dehnbarkeit bei verhältnismäßig großer Leichtigkeit und Festigkeit, erkannt. Es ist ein bläulichweißes Metall, das bei 360 Grad schmilzt, sich bei höherer Temperatur entzündet und mit bläulichweißer, blendender Flamme verbrennt. H. wechselnd, spez. Gew. 6,8. Während das Element Zink selten gediegen vorkommt, sind seine Erze um so häufiger — vor allem Zinkblende und Galmei (Zinkkarbonat).

Zinkblende oder Sphalerit (ZnS, Fig. 114),

kristallisiert regulär und zwar gewöhnlich tetraedrisch-hemiedrisch $\left(\frac{O}{2} - \frac{O}{2}\right)$, aber auch im Würfel und Rhombendodekaeder. Kombinationen, Zwillinge, wie auf- und eingewachsene Kristalle sind nichts Seltenes. Sodann kommt Zinkblende auch derb, körnig, blättrig, strahlig und faserig vor. Vollkommen spaltbar nach ∞O. H. 4, spez. Gew. 4. Vor dem Lötrohr unter Knistern zerspringend und kaum schmelzbar. Gelber Beschlag an der Kohle; Schwefelwasserstoff fällt weißes Schwefelzink. Die Kristalle sind in den seltensten Fällen farblos, gewöhnlich sind sie gelb, rot, braun oder schwarz gefärbt. Auf den spiegelnden Flächen zeigt sich häufig Diamantglanz. Zinkblende findet sich in kristallinischen Massen, auf Gängen, Lagern, in Hohlräumen (Kalkstein), sowohl allein als auch in Begleitung von Blei und Kupfermetallen in Freiberg, Neudorf, Przibram, Spanien und Nordamerika. Manche Zinklager sprechen deutlich dafür, daß die Zinkblende durch Zersetzung in **Zinkspat** oder **Galmei** über-

Fig. 114.
Zinkblendekristall.

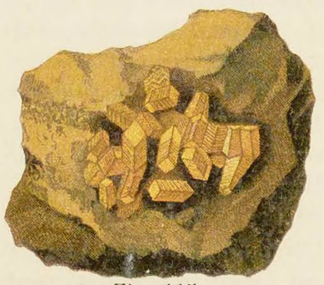


Fig. 115.
Zinkspat von Altenberg.

gegangen ist (Oberschlesien, Aachen). Der Name Galmei entstammt der Bergmannssprache, man versteht darunter ein Gemenge von Kieselzinkerz und Zinkspat, welches außerdem noch Kalk, Dolomit, Ton und Eisenoxydhydrat enthält. Dieses Zinkerz kristallisiert rhomboedrisch (Fig. 115) und zwar hemimorph. Von andern Zinkerzen sind noch zu erwähnen: Rotzinkerz, Zinkeisenerz, Kieselzinkerz oder Hemimorphit. An der Spitze der Zink produzierenden Länder steht Deutschland (Andreasberg, Goslar, Freiberg, Aachen, Schlesien) mit 155000 Tonnen, dann folgt Belgien und Nordamerika. Das kg Zink kostet gegenwärtig 40 Pfg.

Man verwendet Zink zu Zinkblechen (Zinkdächer, -Rinnen), zu Gefäßen, Röhren, in der Elektrotechnik, zu Legierungen etc.

Kupfer (Cu)

gehört zu jenen Metallen, die auch gediegen nicht selten angetroffen werden. Man hat schon eine Masse von 45 Fuß Länge, 22 Fuß Breite und 8 Fuß Dicke aufgefunden. Hauptsächlich kommt es im Oktaeder, Würfel und Rhombendodekaeder vor. Letztere Kristallform hat man am Superiorsee in einer Größe von 2 cm Durchmesser angetroffen. Zwillingskristalle sind namentlich in den Minen am Oberer-See häufig. Ferner finden wir Kupfer haar-, draht- und moosförmig (Fig. 116), ästig in Platten und Blechen. Es hat hakigen Bruch, ist geschmeidig und dehnbar. Die Farbe ist kupferrot, oft gelb und braun angelaufen. H. 2,5—3, spez. Gew. 8,5. Vor dem Lötrohr ist es leicht schmelzbar, es verbrennt an seiner Oberfläche zu schwarzbraunem Oxyd (unedles Metall). Die Lösung mit Salpetersäure gibt mit Ammoniak eine azurblaue Färbung. Kupfer wird durch alle Säuren des Pflanzenreiches sowie durch Fett und Salzlösungen angegriffen. Dasselbe trifft auch bei den Legierungen und Kupferverbindungen zu.


Fig. 116. Kupfer aus Cornwall.

Ueber die Entstehung des metallischen Kupfers herrschen verschiedene Ansichten. Man ist vielfach der Meinung, daß es sich

als Schwefelkupfer und als Silikat in den Eruptionsmassen fand und abschied. Meist findet es sich in Begleitung von anderen Kupfererzen wie Malachit, Rotkupfer, Kupferkies, Kupferglanz, Buntkupfererz etc., auf Gängen und Lagern, in Spalten, als Hohlraumausfüllungen, als Bindemittel von Sandsteinen u. s. w.

Kupfer und Kupfererze treten auf vor allem in Nordamerika (besonders am Oberer-See), wo alljährlich 263000 Tonnen erzeugt werden, ferner im Ural, in Australien, Mexiko, Kuba, China. In Europa kommt zunächst Spanien, England und Ungarn in Betracht und sodann Deutschland (Andreasberg, Ems, Siegen, Mansfeld, Kupferberg in Schlesien, Freiberg u. a.) mit 35000 Tonnen, wobei die Lager Rammelsberg bei Goslar (1200 m Länge bis 31 m Mächtigkeit, hauptsächlich Kupferkies) und die von Mansfeld ganz besonders hervorzuheben sind.

Fig. 117. Kupferkieskristalle auf Dolomitkristallen.

Das häufigste Kupfererz, der **Kupferkies** ($CuFeS_2$, Fig. 117) zeigt uns die verschiedensten Umwandlungen. Er verändert sich in Kupferglanz (blaue Anlauffarbe), in Kupfervitriol und Eisenvitriol und bei Anwesenheit von Karbonaten in Malachit (Kupferkarbonat). Aus Kupferkies wird Kupfer und bisweilen Vitriol hergestellt. Kupferkies kristallisiert tetragonal und zwar häufig in hemiedrischen Formen $\left(\frac{P}{2} - \frac{P}{2}\right)$ (quadratisch), mitunter auch in $P\infty$ (Zwillinge). Er findet sich derb, nierenförmig, traubig, ist spaltbar, hat muscheligen Bruch, H. 4, spez. Gew. 4,2 und ist ein metallglänzendes, messinggelbes Metall, das manchmal bunt oder braun angelaufen ist und grünlichschwarzen Strich zeigt. Vor dem Lötrohr schmilzt es und bildet ein magnetisches Korn, unter Entweichung von Schwefeldioxyd. (Fundorte wie bei Kupfer.)



Fig. 118. Buntkupferkies von Schneeberg in Sachsen.

Dieselben Bestandteile wie Kupferkies weist auch der regulär kristallisierende **Buntkupferkies** (Fig. 118), **Bornit** ($CuFeS_3$) auf. Gewöhnlich

hat er eine Mischfarbe zwischen kupferrot und tombakbraun, auch ist er (infolge der beginnenden Zersetzung) bunt, häufig blau oder rot angelaufen. Strich schwarz. Er kommt seltener vor als Kupferkies (Freiberg, Annaberg, Mansfeld).

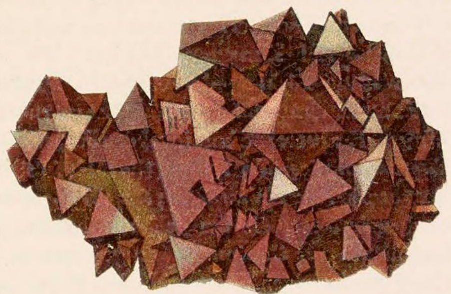


Fig. 119. Kristallgruppe des Cuprits.

Der rhombisch kristallisierende Kupferglanz (Cu_2S) ist schwärzlich-bleigrau, etwas angelaufen und glänzend. Er ist ein reiches Kupfererz und wandelt sich bei Gegenwart von Karbonaten in Malachit um. Vorkommen siehe „Kupfer". Die Vorgänge der Umwandlung von Kupfererzen gehen gewöhnlich an den Regionen der Erzgänge, die dem zerstörenden Wasser mehr ausgesetzt sind, vor sich.

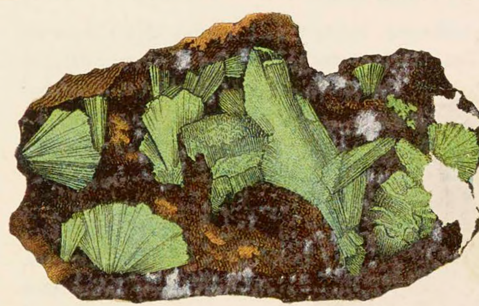


Fig. 120. Malachit auf Brauneisenerz.

Das regulär kristallisierende **Rotkupfererz** (Cu_2O) oder der **Cuprit** (Fig. 119) ist eine Oxydation von Kupfersulfiden oder von gediegenem Kupfer, kennzeichnet sich durch seine cochenillerote Farbe (manchmal bleigrau). Er findet als vorzügliches Kupfererz Verwendung zur Kupferherstellung. Die rötelähnlichen, erdigen Massen sind unter dem Namen Ziegelerz bekannt.

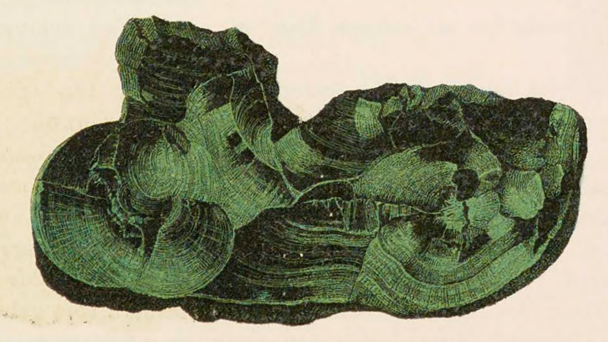


Fig. 121. Malachit aus Sibirien.

Die schon erwähnte Kupferverbindung **Malachit** (smaragdgrün bis spangrün, Fig. 120 und 121) ist ein Karbonat ($CuCO_3CuOH_2$) und bildet sich

aus Kupfersulfiden bei Gegenwart von Kohlensäure. Malachit kristallisiert monoklin, findet sich jedoch häufig in derben Massen oder auch nierenförmig mit anderen Kupfererzen zusammen und dient zur Anfertigung von kleineren Schmuck- und Kunstgegenständen. Die meist schalige Struktur und die verschiedene Färbung der einzelnen Strahlen machen den Stein besonders beliebt. In den uralischen Kupfergruben fand man schon Blöcke bis zu 5 m Länge. Ein unmittelbares Oxydationsprodukt der Kupfersulfide ist der monoklin kristallisierende **Kupfervitriol** ($CuSO_4 + 5 H_2O$), der beim Erhitzen im Reagenzröhrchen Wasser abgibt. Wir sehen ihn in Klüften von Bergwerken; Grubengewässer, die ihn gelöst enthalten, führen den Namen Zementwässer und dienen zur Gewinnung von gediegenem Kupfer, indem man Eisen einlegt. (Man tauche einen Eisenstab oder Nagel in eine Lösung von Kupfervitriol!)

Quecksilber (Hg).

Das Quecksilber kommt gediegen äußerst selten und dann amorph (flüssig) vor. Es ist ein zinnweißes, stark metallglänzendes Element, das bei 40 Grad erstarrt und regulär kristallisiert. Vor dem Lötrohr verdampft es vollständig. Spez. Gew. 13,5. Verschiedene Metalle lösen sich in Quecksilber auf und bilden sogen. Amalgame. Man werfe ein Stückchen Natrium auf Quecksilber! (Giftige Dämpfe!) Die Metalle vereinigen sich unter Feuererscheinungen.

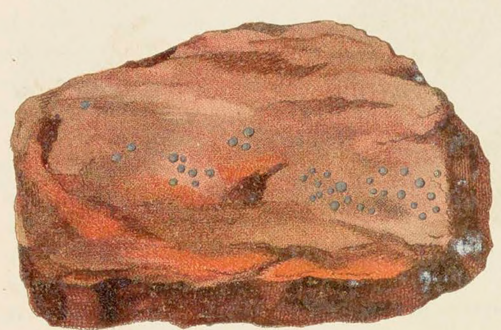


Fig. 122. Quecksilber auf erdigem Zinnober.

Von den verschiedenen Verbindungen des Quecksilbers ist eine von besonderer Bedeutung für seine Gewinnung, nämlich das Sulfid, der cochenillerote **Zinnober** (HgS, Fig. 122). Ueber seine vulkanische Bildungsweise liegen bestimmte Anhaltspunkte vor. Es ist vor allem das Gebiet der kalifornischen Küstenkette, welches an Vulkanen, Thermen und Solfatoren reich ist und ein anschauliches Bild davon gibt, daß Ausströmungen von Wasserdampf, Schwefelwasserstoff u. s. w. gezwungen worden sind, das zerklüftete Gestein zu durchziehen, ehe sie ins Freie gelangten. Bei dieser Gelegenheit werden in den natürlichen Schornsteinen und Klüften vor allem Zinnober und freier Schwefel (auch andere Mineralien) abgesetzt. Wenn auch die Verhältnisse an anderen Orten nicht so klar liegen, so kann doch angenommen werden, daß die Quecksilber-

zufuhr aus großen Tiefen kommt und verschiedene Spalten in Dampfform passiert.

In rhomboedrischen Kristallen, in Drusen oder derb, faserig, körnig oder erdig findet sich Zinnober in Schiefern, in Dolomit und Sandsteinen, und zwar außer dem bereits erwähnten Fundorte auch in Idria (dort mit erdigen Stoffen vermischt unter dem Namen Lebererz bekannt).

Kalifornien, Mexiko, Almaden in Spanien, China, Italien, Westfalen, Horowitz. Der Preis, der gegenwärtig per Kilo 6 Mark beträgt, ist im Steigen begriffen. Die vielfache Verwendung des Quecksilbers zu physikalischen Apparaten, seine Benützung als Spiegelbeleg ist bekannt. Anwendung von Quecksilber bei der Gewinnung von Gold und Silber.

Silber (Ag).

In den oberen Teilen der Erzgänge findet sich Silber als Zersetzungsprodukt silberhaltiger Erze, denn dort oben waren die betreffenden Erze, Blenden und Glanze den Tageswassern ausgesetzt. Die bis zentnerschweren Klumpen von gediegenem Silber, die sich im Ausgehenden der Erzgänge fanden und noch finden, nur leicht mit Gerölle bedeckt, haben schon in den ältesten Zeiten zur Entdeckung von Silbergängen geführt. Mit zunehmender Tiefe wird das Silber spärlicher, es findet sich dann haar-, draht- und moosförmig (Fig. 123), zähnig, gestrickt, in Blechen, Platten und eingesprengt.



Fig. 123.
Dentrisches Silber von Wolfach in Baden.

Silber und Silbererze finden sich in Begleitung von Bleiglanz, Arsenverbindungen, mit Kalkspat, Flußspat, Quarz (bei Freiberg über 150 sogen. edle Quarzgänge, nämlich weißer Quarz mit verschiedenen Silbererzen) und in jungvulkanischen Gesteinen mit Gold. Man trifft es auf Gängen in kristallinischen Schiefern, wie im Erzgebirge, Freiberg, Annaberg, Marienberg, Johanngeorgenstadt, Joachimstal, auf Gängen in eruptiven Massengesteinen, wie in Schemnitz und auf Gängen mit Sedimentärgesteinen Andreasberg, Przibram und in Mexiko, dem Hauptsilberlande.

Silber kristallisiert regulär und zwar in Würfeln (Fig. 124), Oktaedern und Rhombendodekaedern, hat H. 2,5, spez. Gew. 10,5. Es ist „silberweiß“, oft auch schwarz, gelb oder kupferrot angelaufen.

Vor dem Lötrohr schmilzt es leicht, in Salpetersäure ist es löslich, und mit Salzsäure gibt es den bekannten käsigen Niederschlag Chlorsilber, der sich schwarz färbt. Als wichtige Silbererze kommen noch in Betracht Silberglanz, dunkles Rotgültigerz, (Antimonsilberblende), Arsensilberblende (lichtes Rotgültigerz). Außerdem enthalten auch Mineralien wie Bleiglanz und Fahlerz Silber.

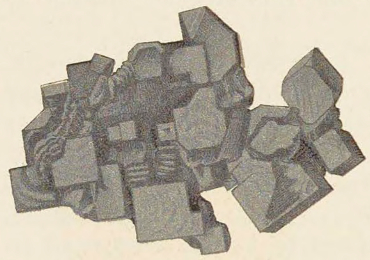


Fig. 124. Hexaedrische Silberkristalle von Kongsberg.

Als eines der reichsten und wichtigsten Silbererze gilt **Silberglanz** (Ag_2S). Das regulär kristallisierende Erz ($O . \infty O \infty . \infty O$) findet sich häufig haar- und baumförmig als Ueberzug, derb und eingesprengt, ist geschmeidig und biegsam und hat unebenen Bruch. H. 2, spez. Gew. 7. Es hat bleigraue bis schwarze Farbe, Metallglanz und glänzenden Strich. Vor dem Lötrohr schmilzt es leicht mit Hinterlassung einer Silberkugel. Es findet sich in den kristallinischen Schiefern von Freiberg mit Kobalt- und Nickelerzen in Schneeberg, Annaberg, Andreasberg, Joachimstal, Ungarn, Chile und Mexiko.

Die drei ersten Länder auf dem Gebiete der Silberproduktion sind: Vereinigte Staaten, Mexiko, Australien. Deutschland produzierte im Jahre 1901 168394 kg im Werte von ca. 37,8 Millionen Mark.

Fahlerz (Fig. 125).

Wir haben es mit einem Mineral von wechselnder chemischer Zusammensetzung zu tun, das sowohl auf Kupfer als auch auf Silber verarbeitet wird, und zwar ist Kupfer in allen Fahlerzen (Antimon-, Arsen-Fahlerze) am reichsten vorhanden. Fahlerz findet sich auf Gängen in kristallinischen Schiefern begleitet von Sulfiden, Quarz und Eisenspat in Klaustal, Andreasberg, Freiberg in Tirol, Böhmen, Siebenbürgen, Siegen, Freiberg i. S., Schneeberg i. S., Ungarn. Es kristallisiert regulär $\left(+\frac{O}{2}\right)$ und in Kombinationen $\left(-\frac{O}{2}, \infty O \infty, \infty O\right)$.

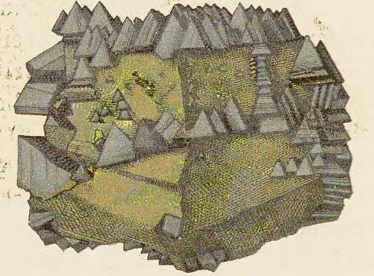


Fig. 125. Tetraedrit auf Kupferkies vom Harz.

Vor dem Lötrohr leicht schmelzbar, in konzentrierter Salzsäure zum Teil löslich.

Speiskobalt, Smaltit (CoAs, Fig. 126).

Dieses wichtige Kobalterz findet sich nicht als Metall, sondern in Verbindungen, welchen insgesamt gemeinsam ist, daß sie nach dem Rösten ein schwarzes Oxyd hinterlassen und mit Borax eine lasurblaue Farbe bilden. Schon in der ersten Hälfte des sechzehnten Jahrhunderts hat man entdeckt, daß ein Zuschlag von Kobalterzen zu Glasflüssen eine blaue Färbung des Glases erzeugt. Von der beliebten blauen Farbe hat man verschiedene Anwendung gemacht (Blaufarbenfabrikation, Porzellanindustrie). Speiskobalt findet sich kristallisiert (regulär $\infty O \infty O$) körnig, stengelig, dicht und spiegelig; H. 5,5, spez. Gew. 6,5, Bruch uneben. Er ist ein zinnweißes bis leicht stahlgraues Erz, das manchmal bunt angelaufen ist und einen Stich ins Rötliche zeigt. Ist das der Fall, so hat man es schon mit einer Umwandlung (Oxydation) nach der sogen. Kobaltblüte $(CONiFe)As_2$ zu tun. Nicht selten kommen Beimengungen von Eisen oder Nickel vor, und diese sind dann ausschlaggebend für die Färbung des Minerals. Vor dem Lötrohr schmilzt es leicht und erzeugt Arsengeruch und weißen Beschlag.

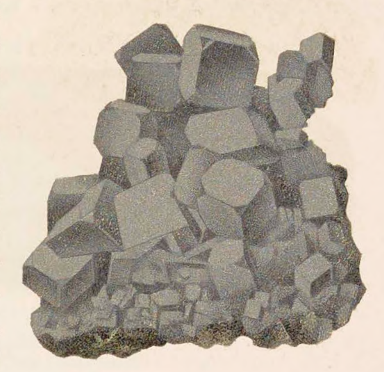


Fig. 126. Smaltit von Schneeberg in Sachsen.

Fundorte: Annaberg, Schneeberg, Andreasberg, Richelsdorf in Hessen, Steiermark u. a. mit Silbererzen auf den sogen. Kobaltgängen.

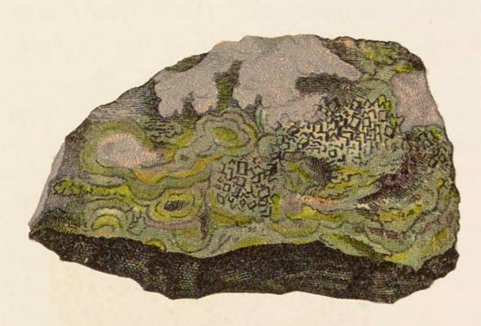


Fig. 127. Nickelin von Richelsdorf in Hessen.

In derselben Form wie Speiskobalt findet sich Glanzkobalt, auch Kobaltglanz genannt. Er hat eine rötliche, silberweiße oder gelbliche Farbe und findet sich auf Erzlagern in Gesellschaft von Kupferkies und Eisenkies bei Siegen und Tunaberg in Schweden. Er dient wie Speiskobalt zur Blaufarbenfabrikation. In Begleitung von Kobalt finden sich stets noch verschiedene Nickelerze: der

Arsennickelglanz (NiAsS), **Antimonnickelglanz, Weißnickelglanz** ($NiAs_2$), **Millerit, Haarkies** oder **Nickelkies** (NiS) und **Rotnickelkies** (NiAS) **Arsennickelkies, Kupfernickel, Nickelin** (Fig. 127). Wir haben hier eine Reihe von Nickelverbindungen, die sich unter ähnlichen Bedingungen und in denselben Lagerstätten finden wie die Kobalterze.

Eine der wichtigsten Verbindungen ist der hexagonal kristallisierende Rotnickelkies, der aber häufig derb und eingesprengt vorkommt. Er ist licht, kupferrot, grau oder schwarz anlaufend und hat schwarzen Strich. Vor dem Lötrohr schmilzt er zu einer Metallkugel. Aus manchem Nickelmetall kann durch chemische Veränderung ein erdiger, apfelgrüner Niederschlag entstehen, die Nickelblüte; — wasserhaltige Verbindungen von Arsensäure mit Nickeloxydul (Fig. 128).



Fig. 128. Annabergit (Nickelblüte) auf Chloanthit.

Alle Nickelerze sind eisenhaltig, und alle arsen- und schwefelhaltigen Eisenerze enthalten Nickel. Auch das meteorische Eisen ist stark nickelhaltig.

Die Nickelerze verarbeitet man zu dem reinen, silberweißen Nickel. Dieses hat einen hohen Schmelzpunkt (1400 Grad) und findet durch diesen Umstand und seine Dehnbarkeit in der Technik mannigfache Verwendung.

III. Klasse. Oxyde und Hydroxyde.

A. Oxyde.

Eis H_2O hexagonal
Quarz SiO_2 „
Anatas TiO_2 tetragonal

Rutil $TiTiO_4$ tetragonal
Zirkon $ZrSiO_4$ „
Zinnerz $SnSnO_4$ „
} isomorph. $Zr\langle O_4 \rangle Si$

Korund Al_2O_3 regulär Hämatit Fe_2O_3 hexagonal

B. Hydroxyde.

Opal $SiO_2(H_2O)x$ Manganit $MnO \cdot OH$
Diaspor $AlO \cdot OH$ Goethit $FeO \cdot OH$
Brauneisenerz $Fe_4O_3(OH)_6$.

Eisen (Fe).

Das verbreitetste aller Metalle, das Eisen, findet sich in zahlreichen Verbindungen in jedem Gestein, allen Wassern und in den meisten Organismen.

Im Gegensatz zu dem häufigen Auftreten der Eisenverbindungen steht das Vorkommen des **Elementes.** Dieses findet sich tellurisch (irdisch) und meteorisch (aus dem Weltraume stammend). Beide Eisen gehören dem regulären System an. Tellurisch findet es sich äußerst selten und dann in Platten, Körnchen, derb, eingesprengt und in Klumpen. Meteoreisen kommt in Klumpen und eingesprengt in Meteorsteinen vor. Beide Arten sind zwar chemisch reines Eisen, finden sich jedoch in Begleitung von anderen Metallen, vor allem von Nickel.



Fig. 129.
Meteoreisen aus Mexiko.

Als Fundort für tellurisches Eisen sind zu erwähnen Mühlhausen i. Th. und Grönland mit seinen losen Eisenmassen (bis zu 500 Zentnern) und jenen, die in Basalte eingeschlossen sind. Obwohl man den irdischen Ursprung dieser Eisenblöcke bezweifelt hat, sprechen doch heute viele Tatsachen dafür.

Meteoreisen (Fig. 129) und Meteorstein entstammen kleinen Weltkörpern, die in Schwärmen um die Sonne kreisen und durch den Umstand, daß sie der Erde zu nahe treten, von dieser angezogen werden. Unter Feuererscheinungen, die durch die riesige Geschwindigkeit bedingt ist, kommen die Meteoriten, gewöhnlich an der Oberfläche geschmolzen, einzeln oder zu vielen an (bis 3000 Stück). Das Gewicht ist sehr wechselnd, es sind schon Eisenblöcke von 15 000 kg (Peru) gefunden worden.

Daß das Eisen für die Organismenwelt geradezu unentbehrlich ist, zeigt uns nachstehende Betrachtung. Die löslichen Eisen-

verbindungen wandern in die Pflanze und bilden dort einen unentbehrlichen Bestandteil des Blattgrüns, jenes Farbstoffes, der aus Wasser und Kohlensäure unter Mitwirkung des Lichtes Zucker und Stärke zu bereiten imstande ist. Pflanzen, die kein Licht haben, können nicht arbeiten und werden bleich. Das trifft aber auch bei denjenigen zu, die Mangel an Eisen haben. Von der Pflanze wandert das Eisen in den tierischen und menschlichen Organismus. Wenn es auch nur in geringer Menge im Körper vorhanden ist — im menschlichen Blute finden sich etwa 2 Gramm — so bewirkt doch schon ein geringes Abweichen von dieser Quantität Krankheitserscheinungen.

Das in der Pflanze angesammelte Eisen kehrt allerdings in veränderter Form wieder zurück zum Boden.



Fig. 130. Sumpferz vom Onegasee in Rußland.

Durch den Lebens- und Fäulnisprozeß von Pflanzen wird ein Niederschlag von schlammigem Eisenoxyd in Bächen wie Sümpfen bewirkt, so daß sich wie in Norddeutschland und Rußland unter Torf- und Sumpfwiesen ganze Lager von erdigem Eisen, sogen. **Raseneisen** (Sumpferz Fig. 130) bilden. Durch diesen Prozeß scheiden sich Schwefel- und Phosphorverbindungen aus. Pflanzliche und tierische Reste sind hier wie bei anderen Eisenverbindungen nichts Seltenes.

Das für die Technik in Betracht kommende Eisen entstammt den verschiedensten Eisenerzen, und zwar verarbeitet jedes Land die ihm zu Gebote stehende Art. Schweden benützt fast ausschließlich Magneteisenstein, in Deutschland bildet Brauneisenstein das Hauptmaterial für Eisengewinnung, gewisse Distrikte verwenden Roteisenstein oder auch Eisenspat.

Die Eisenerzlagerstätten sind entweder Flöze (es gibt flözbildenden Braun-, Rot- und Spateisenstein) oder Lager, die ebenfalls von Magnet-, Braun-, Rot- und Spateisenstein gebildet werden. Letztere treten häufig in Begleitung von Kalk oder Gneis und Glimmerschiefer auf. Große Eisenmassen, wie man sie z. B. auf Elba oder in Schweden trifft, gehören ebenfalls der Lagerform an. Die Gangform ist selten; sie findet sich im Harz, Vogtland, bei Bergzabern und bei Müsen.

Eine eigentümliche Art von Eisenerzlagerstätten sind die sogen. Erzberge, wie der Taberg in Schweden, ein Felsrücken, der sich etwa 2700 m ausdehnt und bis zu 30% Eisengehalt aufweist. Solche Erzberge finden sich auch im Ural. Endlich sind an Erz-

lagerstätten noch die Bohnerzablagerungen zu erwähnen (Fig. 131). Es sind das erbsengroße oder auch dickere Kugeln von schaliger Zusammensetzung. Sie sind aus Quellenabsätzen hervorgegangen und werden durch ein Bindemittel vereinigt. Diejenige Eisenverbindung, welche sich in prächtigen flächenreichen Kristallen zeigt (Fig. 132), heißt **Eisenoxyd** (Fe_2O_3), auch **Hämatit,**

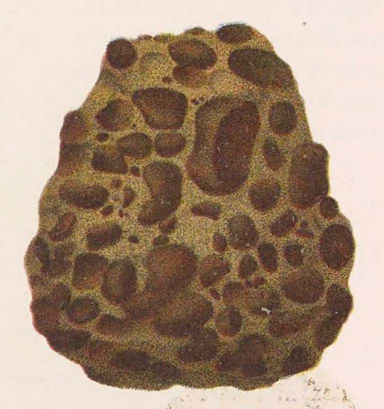


Fig. 131.
Bohnerz in Ton von Salmendingen in Württemberg.



Fig. 132.
Eisenglanzkristall vom St. Gotthard.

Eisenglanz, Roteisenerz genannt. H. 5,5 bis 6,5, spez. Gew. 5,2.

Es kommt in 2 Varietäten vor, in wohlausgebildeten Kristallen oder mikrokristallinisch.

Nicht selten finden sich die Kristalle zu Drusen und Gruppen vereinigt, wie uns z. B. die sogen. Eisenrosen (Fig. 133) der Alpen zeigen. Zwillinge und Verwachsungen mit Rutilkristallen kommen häufig vor. Im wesentlichen ist unser Mineral Fe_2O_3 $\begin{matrix} Fe \diagup O \\ \quad > O \\ Fe = O \end{matrix}$. Vor dem Lötrohr wird es schwarz (Reduktionsflamme) und magnetisch. Vorkommen: Elba, Altenberg i. S., Vesuv.

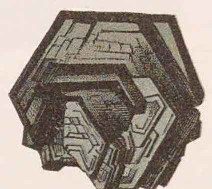


Fig. 133. Eisenrose vom St. Gotthard.



Fig. 134. Blutstein vom Schwarzenberg in Sachsen.

Im Gegensatz zu den obengenannten wohlausgebildeten Formen existiert eine mikrokristallinische Art von Eisenoxyd, das Roteisenerz, das sich gewöhnlich in traubigen, nierenförmigen und kugeligen Aggregaten zeigt; außerdem kommen schuppige, dichte und erdige Varietäten vor. **Roten Glaskopf, Blutstein** (Fig. 134) nennt man nierenförmige, traubige und kugelige

Gebilde (Harz, Schwarzwald, Nassau, Sachsen und England); dünnschalige und feinschuppige Abarten heißen **Eisenglimmer** (Harz, Gotthard, Siegen, Amberg), erdiges oder ockerreiches Roteisenerz, wie es sich namentlich in Sandsteinen, Kalksteinen und Thermen fein verteilt und pulverig findet, **Rötel** (Schwarzenberg, Schneeberg, Brilon, Böhmen).

Brauneisenerz, Limonit ($Fe_4O_3(OH)_6$).

Wie Roteisenstein ist auch Brauneisenerz (Fig. 135) mikrokristallinisch, und ebenso sind die Individuen zu kugeligen, traubigen, nierenförmigen und stalaktitischen Aggregaten vereinigt. Ferner finden sich dichte und erdige Varietäten (Bohnerz).



Fig. 135. Stalaktitischer Pyrrhosiderit aus Brasilien.

Es ist ein nelkenbraunes bis ockergelbes oder schwarzbraunes Erz, das in Flözen und Lagern vorkommt und nicht selten als ein Umwandlungsprodukt von Eisenspat oder Roteisenstein bezeichnet werden muß. Solche, durch die Einwirkung der Atmosphärilien hervorgebrachte Veränderungen zeigt uns das große Limonitlager in Viktoria, Furnace (Virginien). In Gängen ist seine Entstehung aus Pyrit (Verwitterung) nachzuweisen, wie ja unser Erz überhaupt durch Verwitterung eisenhaltiger Mineralien und durch Fällung von Eisenoxydsalzen entsteht. Brauneisenerz kann auch in Hämatit verwandelt werden, ein Vorgang, der häufig beobachtet wird. Diese Umwandlung geht vor sich, indem der Limonit durch Erwärmen Wasser verliert, oder, wenn er lange Zeit mit Wasser in Berührung bleibt. Der Wasserverlust geht allmählich vor sich (Platten in Böhmen), so daß die Gestalt des Minerals erhalten bleibt. Daher die zapfenförmigen, traubigen Gestalten. Fundorte: Siegen, Harz, Schneeberg, Steiermark, Ungarn.

Die hauptsächlichsten Arten von Brauneisenerz sind: **Brauner Glaskopf** (meist als Ausfüllung von Hohlräumen).

Die Minette. Sie ist eine Anhäufung von erbsengroßen Eisennieren, und kommt in Luxemburg und Lothringen vor. (Für die Eisengewinnung von

großer Bedeutung.) Durch den Umstand, daß diese Art von Brauneisenerz einen großen Gehalt an Phosphorsäure aufweist, ist es von hervorragender



Fig. 136. Eisenniere aus Sachsen.

Bedeutung für die Erzeugung von Thomasflußeisen und für die Landwirtschaft.

Bohnerz s. S. 77, Fig. 131.

Eisennieren (Fig. 136), nierenförmige Gebilde mit schaliger Absonderung im Sand und Ton.

Endlich **Raseneisen** (Sumpferz) s. S. 76, Fig. 130.



Fig. 137. Eisenspat (Siderit) von Neudorf am Harz.

Göthit ist ein gelblichrötliches bis schwärzlichbraunes Mineral, das sich in Verbindung von Rot- und Brauneisenstein findet und durch Wasserverlust in Roteisen übergeht. Eine Abart ist das Nadeleisenerz.

Siderit oder **Spateisenstein** ($FeCO_3$) tritt als Ausgangsprodukt der Gesteine auf Erzgängen und manchmal in jenen feinkörnigen Massen auf, welche sich zwischen Kalken und Schiefergesteinen mitunter in großer Mächtigkeit finden. Die gewaltigen aus Spateisenstein bestehenden Lager in Kärnten (Erzberg) und die Lager bei Müsen waren der Anlaß zu einer blühenden Eisenindustrie.

Der Siderit (Fig. 137) bildet als sogenannter **Toneisenstein** (mit Ton vereinigt) bald Nieren, bald Flöze (Westfalen, Zwickau, Oberschlesien, Böhmen) und als **Kohleneisenstein** (ein Gemenge von tonigem Eisenspat und Kohle), dickschieferige, schwarze Massen und mitunter bis zu 2 Fuß mächtige Flöze, wie z. B. bei Bochum und vor allem in Schottland und England. Auf Gängen findet er sich in Siegen, in Stolberg am Harz, in Przibram, in Stücken und Lagern in Kärnten und im Erzberg (Steiermark).

Der mit Ton gemengte Siderit stellt häufig das Bindemittel der Sandsteine her und verleiht ihnen die gelbliche bis graue Farbe. Diese verändert sich aber mit der Umwandlung in Limonit in braun und rot.

Sogenannte **Sphärosiderite** sind linsen- oder traubenförmige Nieren von Rot-, Braun- oder Spateisenstein, in deren Innern Tier- und Pflanzenreste vorkommen. Wahrscheinlich hat die Erzausscheidung am Mittelpunkte begonnen. Durch Schrumpfen des Inhaltes entstehen getrennte, leicht bewegliche Schichten im Innern (Klappersteine). Eisenspat kristallisiert in Rhomboedern, ist gelblichgrau bis erbsengelb und hat Glas- und Perlmutterglanz. Vor dem Lötrohr unschmelzbar und in Säuren aufbrausend.

Magnesit (Fig. 138), **Magneteisenstein** ($Fe_3O_4 = FeOFe_2O_3$), das als Eisenerz ebenfalls sehr geschätzte Mineral kristallisiert in regulären Oktaedern, Rhombendodekaedern und Würfeln.



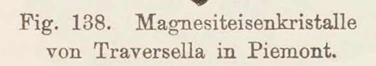


Fig. 138. Magnesiteisenkristalle von Traversella in Piemont.

Ferner kommt es auch in Drusen vor. Meist findet es sich in dichten oder körnigen Aggregaten. Magnesit ist ein eisenschwarzes, magnetisches Erz mit schwarzem Strich und Metallglanz. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar und in Salz löslich. Er findet sich in schön aufgewachsenen Kristallen auf kristallinischem Schiefer, in Klüften und Höhlungen (Zillertal, Fassatal), eingewachsen (Oktaeder), in Chlorit- und Talkschiefern (Oetztal, Zermatt), körnig in Lagern und Stöcken in anderen Eisenerzen in Sachsen, Böhmen und vor allem Schweden, sandig an Meeres- und Flußufern, wie z. B. an der Ostseeküste. Mitunter wandelt sich Roteisenstein oder auch Spateisenstein in Magnesit um (Siegener Gruben), anderseits kann Magnesit in Braun- und Roteisenstein umgewandelt werden (Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser). Außer seiner Verwendung als Eisenerz kommt in Betracht, daß er die natürlichen Magnete liefert.

Chromeisenstein (FeO, Cr_2O_3; Fig. 139), ein Eisenoxydul-Chromoxyd, kristallisiert regulär in Oktaedern. H. 8,5, spez. Gew. 4,5, hat braunen Strich, ist vor dem Lötrohr unschmelzbar und in Säuren unlöslich. Er findet sich in Steiermark, Mähren, Schlesien und dient zur Darstellung des Kaliumchromats und anderer Chrompräparate.

Fig. 139.
Derber Chromit mit Chromocher.

Zinn (Sn) **und Zinnstein** (SnO_2).

Das silberweiße, sehr geschmeidige, leicht schmelzbare Metall kommt nur äußerst selten gediegen in der Natur vor und wird fast ausschließlich aus dem Zinnstein oder Zinnerz gewonnen. Dieser findet sich eingewachsen in alten granitischen Gesteinen (Granit, Granitporphyr, Eruptivgesteinen), in sogenannten Stockwerken (das sind Erzgänge in stockförmigen Ablagerungen von Massengesteinen), auf Gängen in Begleitung von Quarz. Zinnseifen, welche wohl zur Entdeckung des schon in prähistorischer Zeit bekannten Metalles führten, sind lose Anschwemmungsbildungen von zinnführenden Gesteinen.



Fig. 140.
Zinnerz von Ehrenfriedersdorf.

Hauptfundstätten für Zinn sind die Zinnerzgruben des böhmisch-sächsischen Erzgebirges, wie die von Zinnwald, Altenberg, Ehrenfriedersdorf (Fig. 140), Schlaggenwalde, ferner die von Cornwall, die Zinninseln Banka und Biliton und das zinnführende Schwemmland in Ostasien und Australien. Zinnstein ist ein gelblichbraun bis schwarzbraun gefärbtes, durchscheinend bis undurchsichtiges Metall mit gräulichweißem, bräunlichgrauem Strich, fett- bis diamantglänzend. Es kristallisiert quadratisch (P . P ∞, ∞ P etc.), häufig in Kombinationen von Prismen und Pyramiden und ist isomorph mit Rutil und Zirkon.

Mangan (Mn).

Mangan ist ein dem Eisen verwandtes, schwärzlichgraues Metall, das zwar häufig in Begleitung des Eisens, aber nicht als Element vorkommt. Seine große Verwandtschaft zu Sauerstoff läßt es mit diesem eine Reihe von Oxyden bilden, welche meist metallischen Glanz und bräunliche Farbe haben. Von den vielen Verbindungen seien erwähnt die Manganblende, der Hausmannit ($MnOMn_2O_3$)

analog dem Magnesit, Braunit (Mn_2O_3) analog dem Hämatit, Psilomelan (Hartmanganerz) und Pyrolusit (Fig. 141) Weichmanganerz oder Braunstein.

Fig. 141. Pyrolusit von Ilmenau in Thüringen.

Die wichtigste Art, der **Braunstein, Pyrolusit**, tritt in Gängen mit Kalk und Schwerspat auf, bildet wie Bohnerz Füllungen, geht Pseudomorphosen ein (Pyrolusit nach Kalkspat) und erleidet nach Art der Eisenerze allmählich chemische Veränderungen. So entsteht Braunstein aus dem Manganspat bei Verwitterung von Eisenspat und Brauneisen.

Wenn auch die chemische Zusammensetzung von Braunstein der Hauptsache nach MnO_2 (nebst Wasser) ist, so kann man ihn doch wegen der Pseudomorphosen nach anderen Manganerzen (Manganit) kein selbständiges Mineral nennen. Das ist schon äußerlich an der lockeren Beschaffenheit des Minerals zu erkennen. Braunstein ist ein dunkelstahlgraues bis eisenschwarzes, abfärbendes Mineral mit halbmetallischem Glanz, schwarzem Strich, das sich in kurzsäulenförmigen, vertikal gestreiften Formen, in Täfelchen, traubenförmigen und nierenförmigen Aggregaten findet. Fundorte sind Johanngeorgenstadt, Raschau, Ilmenau, Ilfeld, Siegen, Gießen (größtes Braunsteinwerk Deutschlands), Limburg, Ungarn.

Er findet mannigfache Verwendung zur Darstellung von Sauerstoff, Chlor, Chlorkalk, in der Glas- und Porzellanindustrie, zu Legierungen mit Eisen.

Quarz (SiO_2).

Silizium ist nach dem Sauerstoff das auf der Erde verbreitetste Element. Vermöge der großen Neigung, mit Sauerstoff und anderen Grundstoffen Verbindungen einzugehen, trifft man es als Element überhaupt nicht an. Seine einfachste Verbindung ist der Quarz, dessen verschiedene kristallisierte und kristallinische Formen zu den bekanntesten Mineralien gehören.

Als gemeiner oder derber Quarz bildet er einen hervorragenden Gemengteil häufig vorkommender Felsarten, als Quarzit und Sandstein ganze Gebirgsmassen. In Form von Sand treffen wir ihn

nicht nur in Gruben, im Ackerboden und Flußläufen, sondern auch zu Uferwällen, ja bis zu 60 m hohen Dünen aufgetürmt und endlich im unabsehbaren Sandmeer der Wüsten.

Kieselsäure finden wir ferner als Kieselsinter im Kessel springender heißer Quellen, wo sie den Sinterkegel und das Tal des Geisers bildet. Als Kieselguhr, Polierschiefer, Tripel finden sich in Deutschland sowohl wie in anderen Ländern jene mächtigen Absatzprodukte von Kieselsäure, welche ihre Entstehung kleinsten Organismen (Diatomeen) verdanken. Diese haben die in Wasser gelöste Kieselsäure in eine feste Form übergeführt (Schalen, Panzer) und dadurch dasselbe an Säure ärmer gemacht.

In den meisten Fällen finden wir den Quarzsand, den beständigsten und gegen Lösungen widerstandsfähigsten aller Sande, auf sekundärer Lagerstätte. Das Transportmittel ist das Wasser. Ununterbrochen kommt es seiner Aufgabe nach, die Höhenunterschiede auszugleichen, das einzureißen und eben zu machen, was durch die Gewalten der Tiefe aufgetürmt wurde und jene Oberflächengestaltung herzustellen, wie sie im Urzustande der Erde bestand. Die physikalische wie chemische Zerstörung des Wassers beginnt mit dem fallenden Regen. Was nicht einsickert, hat das Bestreben, mit Beseitigung verschiedener Hindernisse nach abwärts zu fließen, nach einer Bodeneinsenkung. Das Ziel ist das tiefste Niveau, das Meer. Durch Vereinigung mehrerer kleiner Rieselbäche, welche sich alle ein Rinnsel schaffen, entstehen wie im Hochgebirge tosende Wildbäche, die allmählich ihr Bett zur Schlucht erweitern und alles zerstören, was ihnen hinderlich ist. Unterwaschene, verwitterte Felsblöcke stürzen in die Tiefe und werden, durch den Sturz zerkleinert, mit den Schuttmassen, die der Bach mitführt, weiter geschoben. Durch gegenseitige Reibung runden sich größere Stücke ab (sogen. Gerölle), werden zerkleinert und schließlich zu Sand verarbeitet. Während der Fluß in seinem reißenden Oberlauf imstande ist, gröberes Gerölle mit fortzuführen, weisen die ruhigen Fluten des Mittel- und Unterlaufs nur noch Sand auf, den sie bei verschiedenen Gelegenheiten ablagern, so bei der Mündung eines Nebenflusses oder bei der Mündung ins Meer (Delta, Uferwälle), also an jenen Stellen, wo ein langsamerer Lauf bedingt wird. Hier begegnet man reinem Quarzsand, der sich von anderen Sanden durch seine große Beständigkeit auszeichnet.

Aehnlich zerstörende Wirkungen, wie wir sie auf dem Festlande zu verzeichnen haben, finden sich auch an den Meeresküsten.

Durch Brandung, Ebbe und Flut und fortwährende Wellenbewegung werden Bruchstücke losgerissen und zu Gerölle und Sand zerkleinert.

Außer den erwähnten mechanischen Zerstörungen gibt es noch andere physikalische Erscheinungen, die sich besonders in unserem gemäßigten Klima und in der Wüste zeigen und die die mechanische Zertrümmerung einleiten. Bei uns sind es der Wechsel der Jahreszeiten, die Temperaturschwankungen und Nachtfröste (Hochgebirge), welche das in den Kapillaren der Gesteine zirkulierende Wasser zum Gefrieren bringen. Dadurch werden gewaltige Risse verursacht, der Regen dringt ungehindert ein, wiederholte Fröste machen die Risse immer klaffender, kleinere wie größere Teile lösen sich ab und stürzen, andere Partien zerstörend und mit sich reißend, in die Tiefe.

In der Wüste sind es vor allem die Wirkungen des Windes und sodann auch Temperaturschwankungen, die zur schaligen Abblätterung (z. B. Granit), oder zum Zersprengen der Blöcke führen. Endlich ist noch an die gewaltigen Zerstörungen der Gletscher zu erinnern. Die verheerenden Wirkungen derselben gehören der Hauptsache nach längst vergangenen Zeiten an, und deshalb werden wir erst in der Geologie darauf zu sprechen kommen.

Nicht zu unterschätzen sind die chemischen Wirkungen, die von seiten des Wassers auf das Gestein ausgeübt werden. Wenn auch die Löslichkeit der Kieselsäure in Wasser nur gering ist (auf 25000 Teile Wasser 3 bis 4 Teile Kieselsäure), so muß man doch bedenken, daß die gewaltigen Wassermassen im Laufe der Zeiten erhebliche Mengen fester Säure in flüssige überführen. Kohlensäurehaltiges Wasser befördert die Löslichkeit oder scheidet aus den löslichen kieselsauren Salzen des Kaliums und Natriums SiO_2 ab.

Wo wir den Quarz Gänge ausfüllend oder in linsenförmigen Massen oder prachtvollen Kristallen treffen, da hat man es mit Zersetzungsprodukten anderer primärer Silikate zu tun, die von ihrer ursprünglichen Lagerstätte in den Klüften der Gesteine in Lösungen abgesetzt werden. Fast alle Gangquarzkristalle sind langsäulenförmig und weisen an ihren horizontal gestreiften Prismenflächen kleine, regelmäßige Vertiefungen auf, von ätzender Wirkung saurer Flüssigkeiten herrührend.

Kristalle. In den Kristallen beobachtet man häufig Flüssigkeitseinschlüsse z. B. Kochsalzlösungen, ein Umstand, der auf die Entstehung aus wässeriger Lösung hindeutet. Auch Tropfen flüssiger Kohlensäure, Einschlüsse von Turmalin, Rutil und Eisenglanz sind nicht selten. Nur in den wenigsten Fällen kann man annehmen, daß Quarzkristalle

bei einer hohen Temperatur aus feurig-flüssigen Massen ausgeschieden wurden.

Viele Quarzkristalle sind scheinbar holoedrisch, andere



Fig. 142. Gelbroter kristallisierter Eisenkiesel.

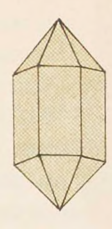


Fig. 143.

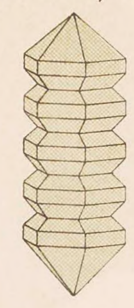


Fig. 144.

rhomboedrisch-hemiedrisch, und die Varietäten der edleren Form zeigen die sogen. Tetartoedrie. Im ersteren Falle hat man es gewöhnlich mit einer Kombination von +R mit —R (Rhomboeder) zu tun, welch beide Formen im Gleichgewichte sind. Fig. 142 gibt uns ein Beispiel, das im vorliegenden Fall zugleich als Pyramide gedacht werden kann. Fig. 143 zeigt uns, wie zum Haupt- und Gegenrhomboeder das Protoprisma tritt. $\infty P . P$ oder $\infty P . R - R$. Diese wohl häufigste Form der Quarze ist durch Streifung parallel den Kombinationskanten charakterisiert (Fig. 82); man denkt sich dabei zahlreiche Einzelkristalle parallel zueinander verwachsen (Fig. 144).

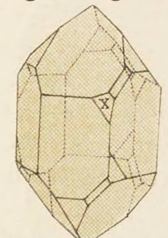


Fig. 145.

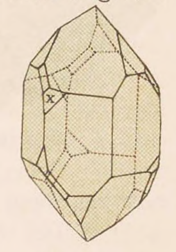


Fig. 146.

Die rhomboedrisch-hemiedrische Form, ein Vorherrschen des Hauptrhomboeders, findet sich ebenfalls häufig.

Die Tetartoedrie. Treten zu der scheinbaren Kombination von Prisma und Pyramide traubenförmige und trapezförmige Flächen (diese gehören einer dihexagonalen Pyramide an, welche nur mit dem vierten Teil ihrer Flächen auftritt), dann haben wir die Tetartoedrie (rechts 146 und links 145 Quarz, x = Trapezoidflächen). In solch flächenreichen Gestalten finden wir den Quarz in Höhlungen, Drusenräumen und Spalten, häufig in den Alpen.

Die zahlreichen Zwillingsformen gleichen auf den ersten Blick einfachen Kristallen.

Quarz hat muscheligen Bruch, H. 7, spez. Gew. 2,5. Er ist

farblos wasserhell, meist aber gefärbt. Durch winzige Einschlüsse von Flüssigkeiten oder Gasen wird er milchweiß, schwarz, violett, durch Chloritschüppchen grün, durch organische Substanzen rauchgrau, durch Eisenoxyd rot etc.

Varietäten.

Von den vielen Varietäten des kristallisierten (phanerokristallinischen) Quarzes seien erwähnt:

1. Der Bergkristall, dessen Vorkommen in den sogen. Kristallhöhlen der Alpen schon den Römern bekannt war. Die wasserhellen (gräulichweißen), mitunter in zentnerschweren Drusen vorkommenden Kristalle führen den Namen Bergkristall, die gelben Kristalle heißen Zitrin, die braunen Rauchquarz (Fig. 76) und die pechschwarzen Morion. Rauchquarz enthält eine stickstoff- und kohlenstoffhaltige Substanz, welche dem Stein die Farbe verleiht. Werden die Fremdstoffe zerstört, dann wird der Kristall wieder wasserhell.

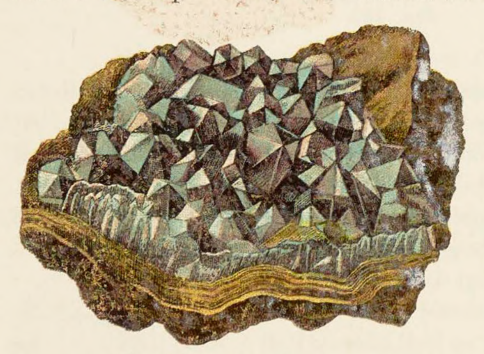


Fig. 147. Amethystquarz.

2. Der Amethyst (Fig. 147), auf Gängen in Silikatgesteinen und auf Erzgängen.

3. Der gemeine Quarz, der körnig oder kristallisiert ein Gemengteil zahlreicher Gesteine ist, den Sandstein der Hauptsache nach zusammensetzt, selbständige Gänge bildet und auch als Geröll und Sand vorkommt. Nach Farbe und Glanz unterscheidet man verschiedene Varietäten, wie Rosen-, Milch-, Sternquarz, Katzenauge etc.

4. Der Eisenkiesel, ein Quarz, der mit Eisenverbindungen gemengt ist. Eibenstock, Johanngeorgenstadt. Vergl. Fig. 142.

Kryptokristallinische Varietäten sind:

5. Der Hornstein (als sogen. versteinertes Holz) in verschiedenen Farben.

6. Der Jaspis, eine gelb, rot oder braun gefärbte Quarzvarietät, Kugel-, Band- und Achatjaspis. Fig. 148.

Zwischen Quarz und dem wasserhaltigen Opal stehen:

7. Der Chalzedon (Fig. 149), Pseudomorphosen und Versteinerungen bildend, mit verschiedenen Abarten von Onyx, Karneol, Plasma, Heliotrop, Chrysopras, Moosachat etc.



Fig. 148. Bandjaspis.

8. Der Feuerstein, ein grauer, schwarzer, auch gelblicher Stein von muscheligem Bruch. Er findet sich in verschieden großen Knollen in Kreidelagern, seiner primären Lagerstätte. Die bei uns vorkommenden Feuersteine sind nordisches Material. Sie sind das Produkt kleinster Schalen kieseliger Organismen und gehen an der Oberfläche in ein zerreibliches Pulver (Kiesel) über, in welchem Verwitterungsprodukte der zarten Gehäuse freigelegt werden. Für viele Arten von Seeigeln hat Feuerstein das Versteinerungsprodukt geliefert.



Fig. 149. Blutroter Chalzedon.

9. Der Achat, bekannt durch bandförmige Zeichnungen, ist ein Gemenge von Amethyst, Chalzedon, Jaspis und anderen Quarzarten. Die Entstehung der Achate erklärt man sich auf folgende Weise: freigewordene Kieselsäure gelangte mit Wasser in Blasenräume und überkleidete deren Wände schichtenweise. Diese Einflußöffnung ist mitunter deutlich zu erkennen, wie Fig. 150 zeigt. Manchmal findet sich im Innern ein Hohlraum, in welchem sich verschiedene Kristalle (Amethystkristalle) gebildet haben, ja sogar Flüssigkeitsreste sind angetroffen worden.



Fig. 150. Achat.

10. Der Opal $SiO_2(H_2O)x$ ist die wasserhaltige amorphe Modifikation des Quarzes. Da es viel Varietäten von Opal gibt, mehrere von ihnen sich in ein und demselben Mineral gemengt finden, und der Wassergehalt der einzelnen ein wechselnder ist, so kann derselbe nicht zahlenmäßig ausgedrückt werden. Reiner,

glasartiger Opal heißt Hyalit. Dieser kommt in kammförmigen Gebilden sowie als Ueberzug an Gesteinen vor. (Böhmen, Ungarn, Czernowitz; zugleich Fundstätten für Edelopal.)



Fig. 151. Edler Opal.

11. Der Edelopal (Fig. 151) ist bläulich- und gelblichweiß und wird wegen seines Farbenspiels als Schmuckstein geschätzt, ebenso die roten Feueropale, aus Mexiko stammend. Auch der Halbopal und der gemeine Opal (Erzgebirg) finden in ihren verschiedenen Farben Verwendung als Schmucksteine.

Die Absätze vieler heißer Quellen, sowie Kieselguhr und Infusorienerde bestehen der Hauptsache nach aus Siliziumhydroxyden.

Gebrauch: Quarz wie seine Abarten finden mannigfache Verwendung. Es sei hier vor allem auf die Glasfabrikation, die Verarbeitung zu Schmucksteinen und optischen Instrumenten hingewiesen.

Wasser (H_2O)

kristallisiert in den Formen Eis und Schnee hexagonal und zwar entspricht die Oberfläche unseres Flußeises der Basis, während die



Fig. 152.

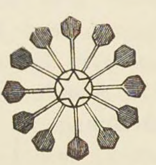


Fig. 153.

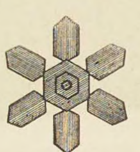


Fig. 154.

Schneekristalle in der Richtung der Nebenachsen um einen Kristall in der Weise aneinandergewachsen sind, daß sechseckige Sterne entstehen. Fig. 152, 153 und 154. Gletschereis ist körnig.

Korund (Al_2O_3, Fig. 54).

Im Vordergrund der wertvollsten Edelsteine steht der Korund, der jetzt sogar den Wert des Diamanten übersteigt. Wie dieser findet er sich in losen Kristallen und im Geschiebe, also auf Schwemmland

und zwar in Indien, auf Ceylon und Barma. In kristallinischen Massen und Schiefergesteinen treffen wir ihn eingewachsen (Indien, Ceylon, China, Ural). Von den verschiedenen Farbenvarietäten des Minerals sind besonders zwei bekannt, der blaue **Saphir** (Fig. 188) und der rote **Rubin** (Fig. 187). Die blaue wie die rote Färbung sind auf kleine Chrommengen zurückzuführen. Weniger rein und durchsichtig als letztere ist der gewöhnlich in Seifen wie auch eingewachsen sich vorfindende Korund. Von diesem hat man schon Kristalle bis zu 150 kg gefunden. Als **Smirgel** bezeichnet man feinkörnige, zusammengesetzte Varietäten von bläulichgrauer Farbe; er liefert wie das Pulver des Korund ein gesuchtes Schleifmittel (Ochsenkopf, Schwarzenberg i. S.). Korund und seine Varietäten sind chemisch (fast) reine Tonerde (Al_2O_3). Die Beimischungen von Eisenoxyd und Pigmenten ist verschwindend gering. Vor dem Lötrohr unschmelzbar. Er kristallisiert rhomboedrisch (Deuteropyramide und Deuteroprisma) und ist mit Eisenglanz isomorph. H. 9, spez. Gew. 5. Bruch vollkommen.

Zirkon ($ZrSiO_4$)

findet sich als Begleiter kristallinischer und vulkanischer Gesteine (Norwegen, Ural, Tirol) und lose im edelsteinführenden Schuttlande (Böhmen, Sachsen, Ceylon). Er kristallisiert tetragonal ($P . \infty P \infty . 2P . 3P . \infty P$) und ist mit Zinnstein und Rutil isomorph. H. 7,5, spez. Gew. 4,5 bis 4,7.

Der Stein kommt wasserhell in den verschiedensten Farben, besonders in Braun und Rot vor. Gewöhnlich rührt die Färbung von Eisenoxyd her. Durch Glühen wird Zirkon farblos. Vor dem Lötrohr unschmelzbar. Dient zur Herstellung der Zirkonerde und zu Zapfenlagern in Uhren. Mikroskopisch ungemein weit verbreitet. Mit **Hyacinth** (Fig. 194—196) bezeichnet man die orangegelben und roten Arten.

Rutil ($TiTiO_4$, Fig. 155) hat rötlichbraune, hyacinthrote oder gelblichbraune Farbe, kommt in quadratischen, hauptsächlich von Prismenflächen begrenzten Kristallen vor. Diese sind aber häufig zu Zwillingen von kreisförmiger Gestalt verwachsen (manchmal auch Drillinge). Als Hauptverbreitungsgebiet sind die kristallinischen Schiefer zu nennen, wo nicht nur die ausgebildeten Individuen, sondern auch die zarten, bräunlichgelben Nädelchen, wie sie sich z. B. in den Dachschiefern finden, vorkommen.

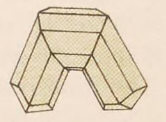


Fig. 155.

Nicht selten sind die roten Rutil-Prismen auf Eisenglanz aufgewachsen (Alpen).

Titansäure findet sich in der Natur als Brookit (TiO_2) rhombisch und als Anatas quadratisch (TiO_2).

IV. Klasse. Haloide.

Steinsalz NaCl Sylvin KCl Salmiak NH_4Cl Chlorsilber AgCl Bromsilber AgBr Jodsilber AgJ	Alle Metalle einwertig.	Flußspat CaF_2 } regulär, Chlorkalium $CaCl_2$ } zweiwertig. Kryolith $AlF_3 3NaF$ monoklin.

Steinsalz (NaCl).

Neben Geröll und Sand führen die Flüsse auch große Mengen gelöster Stoffe mit sich, welch letztere Zeugnis von der chemischen Tätigkeit des Wassers ablegen. Schon das atmosphärische Wasser kann an einer Menge von Salzen, wie Steinsalz, Gips, Alaun, Vitriole, seine Wirkung ausüben. So lösen z. B. 100 Teile reines Wasser 35,7 Teile Kochsalz, 50,7 Teile Chlormagnesium, jedoch nur 0,205 Teile Gips, 0,0002 Teile Baryumsulfat. Es kann ferner wasserfreie Substanzen in wasserhaltige umwandeln, wie z. B. Anhydrit in Gips, es treibt Kohlensäure aus und wirkt selbst wie eine Säure. Das zeigt sich z. B. bei der Umwandlung von Eisenspat in Brauneisen (Eisenkarbonat in Eisenoxydhydrat) oder von Kupferlasur in Malachit. Sauerstoffbeladenes Wasser bewirkt eine Umwandlung von Oxydulen in Oxyde, wie sich das besonders bei Eisen und Mangan zeigt, von Sulfiden in schwefelsaure Metalloxyde (Eisenkies zu Eisenvitriol, Zinkblende zu Zinkvitriol).

Kohlensäurehaltiges Wasser löst Kalkkristalle (Eisenspat); es zerstört die Kalk-, Kali- und Natronsilikate, wobei unter Bildung von Karbonaten freie Kieselsäure entsteht. Diese finden wir sodann wieder im Quarz und seinen Varietäten. Wasser, welches tierische und pflanzliche Stoffe enthält, bringt das Gegenteil von Oxydation, die Reduktion hervor. So vermögen faulende Stoffe den Vitriolen Sauerstoff zu entziehen und zu Sulfiden zu reduzieren. Beispiele liefern die Fischabdrücke auf Versteinerungen, welche von Eisenkies überzogen sind, oder die Braun- und Steinkohlen, welche Schwefelkieskörnchen sowohl auf- als eingelagert zeigen.

Die meisten dieser Vorgänge spielen sich in Klüften, Spalten oder in den scheinbar soliden und kompakten Massen der Gesteine ab (Achat). Das Wasser dringt in vielfach verzweigten Netzen und Maschen, die nur noch mikroskopisch erkennbar sind, ein, oder

wird durch hohen Druck hineingepreßt, um sodann sein Zerstörungswerk zu verüben.

Wenn auch relativ wenig gelöst wird, so vermögen doch die ungeheuren Wassermengen nach und nach kolossale Wirkungen hervorzubringen. Der Karlsbader Strudel fördert jährlich gegen 250 Zentner Flußspat, obwohl sich in 300000 Teilen Wasser nur 1 Teil des Salzes auflöst; die Jodquelle zu Neusalzwerk in Westfalen bringt jährlich 18000 Zentner kohlensauren Kalk und 17 cbm Eisenoxydhydrat an die Oberfläche; die Themse führt jährlich dem Meere 360 Millionen Kilogramm Kalziumkarbonat zu. Das Wasser, welches sich zur Quelle sammelt, muß nach alledem eine Menge mineralischer Stoffe enthalten und das Meer im Laufe der Zeiten durch die Zufuhr der Flüsse immer salzhaltiger werden. Daß die Flüsse den Boden in Bezug auf seinen Kochsalzgehalt auslaugen, kann man leicht beweisen. Einige Tropfen Silbernitrat reichen hin, um Quell- oder Flußwasser zu trüben; es entsteht eine Verbindung von Silber mit Chlor, Chlorsilber, das sich ausscheidet. Destilliertes Wasser reagiert nicht.

Bisweilen ist der Boden derartig mit Salz durchtränkt (Kirgisensteppe, nunmehr gehobener Meeresboden), daß die ihn durchströmenden Flüsse verhältnismäßig stark mit Salz beladen am Ziele (Eltonsee) ankommen.

Während der Salzgehalt der großen Ozeane konstant ist und etwa $3\frac{1}{2}$ % beträgt, weisen die Binnenmeere je nach der Zahl der Zuflüsse verschiedene Zusammensetzung auf. So enthält z. B. die Ostsee nur 1,5 %. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich dadurch, daß der Zufluß größer ist als die Verdunstung. Beim Mittelmeer und auch beim roten Meer überwiegt die Verdunstung, daher der höhere Salzgehalt. Der Unterschied im Salzgehalt wird durch die Meeresströmungen ausgeglichen. Die schweren, weil salzreicheren Unterströmungen und die leichteren, salzärmeren Oberströmungen sind es, welche in entgegengesetzten Richtungen gehend, den Ausgleich bewirken. So haben wir eine Oberströmung vom Schwarzen Meer ins Mittelmeer und von diesem in den Atlantischen Ozean und eine vom Atlantischen Ozean in entgegengesetzter Richtung gehende Unterströmung.

Wie sind nun unsere Steinsalzlager entstanden? Bie Bildung derselben unterliegt einer bestimmten Gesetzmäßigkeit. Bedingungen sind Binnenseen, innerhalb abflußloser Gebiete mit starker Verdunstung und wenig Niederschlägen. Diese Bedingungen hat jedenfalls das Staßfurter Salzlager, das nur ein Teil eines weit ausgedehnten

Salzbeckens ist, erfüllt. Man ist wohl gezwungen, einen ununterbrochenen Zufluß von neuen salzhaltigen Gewässern während der Verdunstung anzunehmen. Es handelt sich hier jedenfalls um einen großen Meeresbusen, der nach Nordwesten zu offen war, und dessen Barre ungefähr von Helgoland bis zur Porta Westphalica reichte, denn, wie gesagt, ist Staßfurt nur einer von den vielen Punkten Norddeutschlands, die Steinsalz aufweisen. Wie mächtig solche Salzlager sind, das zeigt uns Speerenberg bei Berlin, wo man bei einer Tiefe von 1270 m das 1180 m mächtige Salzlager noch nicht durchbohrt hat.

Die Abscheidung der verschiedenen im Meerwasser enthaltenen Salze geschieht in der Ordnung, daß das am schwersten lösliche Salz zuerst ausfällt. Es scheidet sich zunächst Kaliumsulfat (Gips, Anhydrit) aus. Hierauf folgt in der Regel Steinsalz, manchmal auch kohlensaurer Kalk.

In Staßfurt liegen über dem eigentlichen Steinsalzlager die sogen. Abraumsalze (etwa 160 m mächtig), die Magnesia und Kalisalze, Kieserit, Karnallit, Kainit, welche man früher als wertlos wegräumte. Diese Salze sind mit Salzton bedeckt (Ton mit Salz vermengt). Unter der etwa 160 m betragenden Schichte der Abraumsalze liegt das Steinsalz von etwa 300 m Mächtigkeit. Dieses ist in regelmäßigen Abständen von zahlreichen 3 bis 10 cm dicken parallellaufendem Anhydritstreifen, den sogen. Jahresringen, durchsetzt. Wie diese Jahresringe entstanden sind, darüber herrschen verschiedene Ansichten. Möglich, daß die Verdunstung des Wassers eine unregelmäßige war, aber auch möglich, daß durch Ueberflutungen das Steinsalz fortgeschwemmt wurde*). Die Abraumsalze haben heutzutage eine große Bedeutung für die Landwirtschaft und Industrie. Decken doch die Einnahmen für das Chlorkalium allein die auf 20 Millionen Mark geschätzten Gesamtbetriebskosten des Bergbaues.

Oesterreichs bedeutendstes Salzlager ist Wieliczka (Galizien); zahlreich sind auch die Lager in Siebenbürgen (Fig. 156), in der Marmaros und in den nördlichen Kalkalpen (Aussee, Ischl, Hallstadt, Hallein, Hall). In den letztgenannten Städten gewinnt man das Salz durch Auslaugen. Katalonien besitzt in dem Salzberg von Cardona eine riesige 100 m hohe Salzmasse, von der seit Jahrhunderten Salz gewonnen wird.

Die sogen. Salzquellen stehen mit Salzlagern im Zusammenhang (Hall, Reichenhall etc.) und liefern Salz durch Verdunstung

*) Eine gedrängte Uebersicht über den gesamten Schichtenaufbau ergibt folgendes: Deckgebirge, Gips und Anhydrit, jüngeres Steinsalz, Anhydrit 30—80 m, Salzton 5—10 m, Kalisalzlager, älteres Steinsalz, Anhydrit und Gips. Die Kalisalzlager sind meist sekundär.

der Solwasser (Gradierwerke). In den Meersalinen oder Salzgärten (Bassins, in welche man Meerwasser einführt), übernimmt die Sonne die Verdunstung. Aus den nördlichen Meeren gewinnt man Salz durch Ausgefrierenlassen des Wassers.

Steinsalz hat H. 2, spez. Gew. 2,1, kristallisiert fast immer $\infty O \infty$ und ist nach den Flächen des Würfels spaltbar. Durch

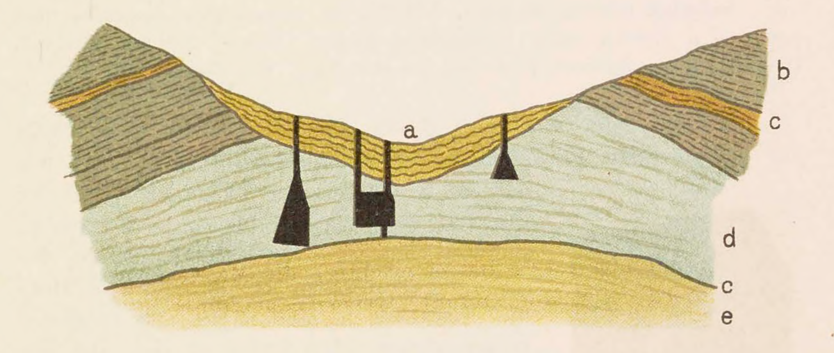


Fig. 156. Salzlager von Deesakna in Siebenbürgen.
a) Plastischer Ton. b) Salzton. c) Tuff. d) Salz. e) Gips und Tuff.
(Nach Neumayr.)

rasches Eindampfen von Lösungen bilden sich treppenförmig nach innen gerichtete Würfelskelette (vergl. Fig. 83).

Unser Salz ist großenteils farblos oder weiß, jedoch treten auch verschiedene Farben auf, von denen die blaue um so merkwürdiger ist, als sie durch Erhitzen oder Auflösen im Wasser verschwindet. Häufig enthält das körnige Salz Einschlüsse von Salzlösungen oder von gasförmigen Körpern (wahrscheinlich Wasserstoff). Knistersalz. Im Platindraht die Flamme gelb färbend.

Abgesehen von der großen Bedeutung, die das Kochsalz für unseren Körper hat (es hilft die Auflösung des Eiweißes mit ermöglichen und regt die Absonderung der Verdauungssäfte an), dient es als Konservierungsmittel und ist zugleich ein wichtiges Ausgangsmaterial zur Herstellung einer Menge chemisch wichtiger Präparate (Salzsäure, Salmiak, Soda etc.; Glas- und Seifenfabrikation). 1891 wurden in Staßfurt 2548600 Tonnen verschiedener Salze erzeugt, wovon 1170000 Tonnen auf Steinsalz, 906400 Tonnen auf Carnallit kamen. Hinsichtlich der Kochsalzproduktion nimmt Deutschland mit 1514000 Tonnen die fünfte Stelle ein; an erster Stelle steht Nordamerika (Michigan) mit etwa 7730000 Tonnen.

Chlorkalium (KCl), die reine Form **Sylvin** genannt, gewinnt man in Staßfurt aus Karnallit ($MgCl_2KCl + 6 H_2O$). Es ist Ausgangskörper zur Darstellung einer Reihe für die Technik und Landwirtschaft wichtiger Produkte (Pottasche, Kalisalpeter, Kaliumkarbonat).

Sylvin kristallisiert in ∞O∞ oder O, häufig in Kombinationen. Die Spaltbarkeit entspricht dem Steinsalz. Vor dem Lötrohr leicht schmelzbar und die Flamme violett färbend. H. 2, spez. Gew. 1,9.

Salmiak (Chlorammonium, NH_4Cl), in vulkanischen Gegenden und brennenden Halden unter Steinkohlengebirgen (Vesuv, Aethna, England, Oberhausen bei Ruhrort, Hänichen bei Dresden). Regulär.

Fluorit oder **Flußspat** (CaF_2, Fig. 157) findet sich häufig auf Gängen und füllt mitunter diese auch selbständig aus, wie das am Siebenstein im Thüringer Wald der Fall ist. Dort wird er bis zu 13 m mächtig. Bekannt sind die gewaltigen Gänge des körnigen Flußspates in Stolberg am Harz und Steinbach in Meiningen. Als Begleiter verschiedener Erze findet er sich auf den Zinnerzlagerstätten in Sachsen, Böhmen und Cornwall, auf Silbergängen in Gersdorf, Annaberg, auf Bleigängen in Cumberland.

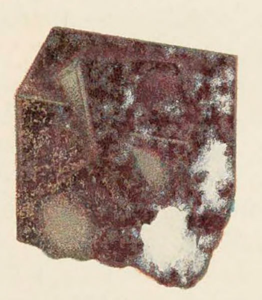


Fig. 157. Fluorit aus Derbyshire in England.

Flußspat kristallisiert regulär und zwar ist der Würfel die häufigste Form. Viel seltener ist das Oktaeder (mitunter aus kleinen parallelen Würfelchen aufgebaut) und das Rhombendodekaeder. Kombinationen des Würfels mit dem Oktaeder und dem Tetrakishexaeder sind nicht selten. Ferner kommt Flußspat dicht und erdig vor.

Das farblose und wasserhelle, häufig auch gelb, blau, violett, rot und grau gefärbte Mineral (mitunter zwei verschiedene Farben als Kern und Hülle) wurde wegen seiner Schönheit und Farbenverschiedenheit Erzblume genannt. Durch Erwärmen verliert sich die Farbe. Wahrscheinlich geht durch diesen Vorgang eine Veränderung der färbenden, kohlenwasserstoffhaltigen Substanz vor sich.

Die Eigenschaft, zu fluoreszieren (im durchfallenden Licht anders gefärbt zu scheinen als im auffallenden), geht bei den aus Weardale und Alston Moor stammenden Individuen so weit, daß sie im auffallenden Licht violett, beim Hindurchblicken im durchfallenden Lichte meergrün aussehen.

Flußspat hat H. 4, spez. Gew. bis 3,2, spaltet deutlich nach dem Oktaeder, zerknistert vor dem Lötrohr und wird von konzentrierter

Schwefelsäure unter Entwicklung von Flußsäure zersetzt. Man verwendet ihn im Kunstgewerbe, zu metallurgischen Prozessen, zur Herstellung von Flußsäure und in der Glasfabrikation.

Ein anderes fluorhaltiges Mineral ist der namentlich in Südgrönland in riesigen Mengen vorkommende **Kryolith** ($AlF_3 . 3 NaF$). Derselbe findet in der Technik vielfache Verwendung in Seifensiedereien (Natronlauge, Alaun) zur Herstellung von Aluminium und in der Glasfabrikation.

V. Klasse. Sauerstoffverbindungen.

a) Karbonate.

Kalkspat CO_3Ca
Dolomit $CO_3(CaMg)$
Magnesit CO_3Mg
Zinkspat CO_3Zn
Eisenspat CO_3Fe
(Siderit)
} rhomboedrisch; (Dolomit bis Eisenspat) } isomorph

Aragonit CO_3Ca } rhombisch } isomorph
Witherit CO_3Ba }
Ceressit CO_3Pb isomorph.
(Weißbleierz.)
Kalkspat und Aragonit dimorph.

Kalkspat ($CaCO_3$).

Man hat berechnet, daß die Elbe ihrem böhmischen Flußgebiete alljährlich 140 Millionen Kilogramm Kalkerde entzieht, in 100000 Teilen Rheinwasser fand man 9,45 Teile kohlensauren Kalk, die Solquelle zu Neusalzwerk (Westfalen), die nicht zu den reichlich fließenden gehört, liefert alljährlich 180000 Zentner Kalziumkarbonat. Diese großen Mengen Kalkes werden von dem im Boden oder in den oberen Erdschichten zirkulierenden Wasser, das stets kohlensäurehaltig ist, gelöst und dem Meere zugeführt. Vergleicht man nun den Abdampfungsrückstand (Kalk ist in 50000 Teilen reinen Wassers löslich), welchen gleiche Mengen von Fluß- und Meerwasser hinterlassen, so findet man recht bedeutende Unterschiede. Flußwasser weist 72,5 Teile, Meerwasser nur 0,2 Teile kohlensauren Kalk auf. (Bei Kochsalz ist das Verhältnis 7 : 78,5.) Dieser augenscheinliche Widerspruch erklärt sich im Hinblick auf den großen Bedarf an Kalk von seiten der Organismen. Milliarden von tierischen Individuen entziehen dem Wasser kohlensauren Kalk und benützen ihn zum Aufbau ihrer Schalen, Gehäuse und Skelette. Foraminiferen, Spongien, Korallen, Muscheln, Schnecken u. s. w.; sie alle nehmen ihn direkt an sich oder wandeln Kalziumsulfat in Karbonat

um. Allein diese Wesen geben den Kalk wieder zurück, wenn auch in fester Form. Während ihre Weichteile verwesen, bleiben die kalkigen Panzer erhalten und häufen sich nach und nach zu großen Ablagerungen an.

Erhebliche Mengen Kalkes werden sodann von der Pflanzenwelt gebunden. Dadurch, daß diese Organismen Kohlensäure verbrauchen und dem Wasser die Eigenschaft nehmen, Kalk zu lösen, schlägt sich derselbe auf sie nieder oder lagert sich in ihren Geweben ab. Auf diese Weise entstehen mächtige Kalkablagerungen, wie sie z. B. zwei Algenarten-Lithothamnien und Characeen verursacht haben. So sind die gelblichweißen Kalksteine, die sich am Südostrand der böhmischen Masse, am Wienerwald, im Leithagebirge finden, Lithothamnienkalk. Solcher Kalk wird in der Technik verwendet und hat zu hervorragenden Bauten (Stephansdom in Wien) Verwendung gefunden.

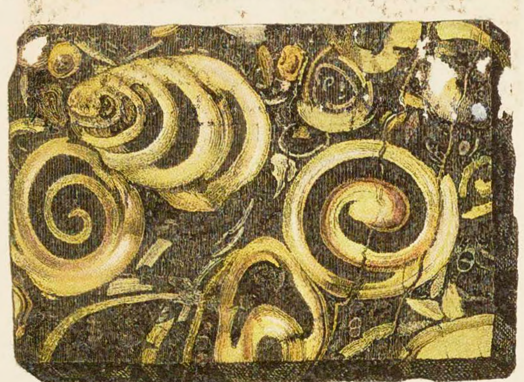


Fig. 158. Muschelkalk.

Für den geologischen Aufbau der Erdrinde haben die tierischen Ablagerungen eine ungleich größere Bedeutung als die pflanzlichen. Man denke nur an die Riesenbauten der Korallen. Das große Barrierriff an der Ostküste Australiens mit einer Länge von etwa 1900 km ist ein Beispiel für die gewaltigen Bauten jener kleinen Geschöpfe, die im Laufe ungezählter Jahrtausende die ungeheuren Kalkmassen von löslicher in feste Form überführten. Noch größer ist die Kalkproduktion der Foraminiferen, das sind niederste Lebewesen, welche zierlichste Schalenpanzerchen absondern. Ein einziges Gramm Meeressand kann über 40000 solcher Kalkschalen enthalten; Milliarden dieser Wesen sterben täglich, und ihre kleinen Leichen fallen auf den Meeresgrund, verwesen und lassen die Skelettchen übrig, die durch den Druck des Wassers zu festem Kalkstein gepreßt werden. Ganze Gebirgszüge, wie z. B. die Kalkalpen mit ihren Riesengipfeln, die Kreidefelsen Englands, Rügen, die Kalksteine des Pariser Beckens (das Material, aus welchem die Stadt Paris aufgebaut ist), die Mittelmeerküsten sind Bauwerke unserer Urtiere. Nicht zu unterschätzen sind die

Kalkausscheidungen der Stachelhäuter, Schnecken und Muscheln (Beispiel: der sehr verbreitete Muschelkalk), Fig. 158. Freilich sind nicht alle Kalksteine rein. Fand die Kalkablagerung in der Nähe eines Kontinents statt, dann wurde sie mit dem abgelagerten Sand und Ton vermengt und nahm eine graue, schwarze, mitunter rötliche oder bunte Färbung an. Diese Kalkmassen lassen sich schneiden und polieren und führen irrtümlicherweise den Namen Marmor. (Schlesien, Nassau, Harz, Tirol, Salzburg) Fig. 159.



Fig. 159. Korallenmarmor aus Nassau.

Echter Marmor ist nicht selten durch sogen. Kontaktmetamorphose (d. i. Veränderung eines Gesteins, hervorgebracht durch Berührung mit einer durchbrechenden Eruptivmasse) aus dichtem Kalkstein entstanden und ist ein körnig-kristallinischer, weißer oder bläulicher Kalk. Ein typisches Beispiel für eine solche Umwandlung zeigt sich im Kreidelager der Insel Rothlin (Irland). Dort haben zwei Basaltgänge, die 12 m voneinander entfernt sind, das Lager durchbrochen und sowohl das zwischen ihnen befindliche Stück als auch die außen angrenzende Kreide in Marmor verwandelt (Fig. 160). Bekannte Fundorte für feinsten Marmor sind: Carrara, Paros und Laas in Tirol. Künstlich kann man Marmor herstellen, wenn man kohlensauren Kalk in einem geschlossenen Gefäße schmilzt, so daß die Kohlensäure nicht entweichen kann.

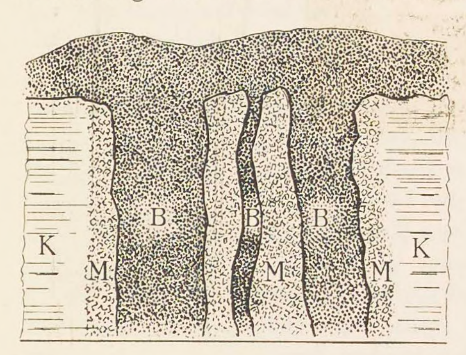


Fig. 160.
Basaltdurchbruch durch erdige Kreide.
B Basalt, M Marmor, K Kreide.

Eine ziemlich weit verbreitete Varietät des kohlensauren Kalkes sind die sogenannten Tropfsteine, Gebilde, die sich in verschiedenen Höhlungen von Kalkgebirgen, wie z. B. im Karst oder Jura finden. Indem das von der

Decke herabtröpfelnde Wasser, welches durch seinen Kohlensäuregehalt imstande war, Kalk zu lösen, Kohlensäure verliert, entstehen an den Decken (Stalaktiten) wie auch von unten (Stalagmiten), meist zapfenförmige Gebilde (Adelsberger Grotte, Baumannshöhle, Muggendorfer Höhle).



Fig. 161. Erbsenstein von Karlsbad.

Lithographischer Schiefer ist feinkörniger Kalk. Er findet sich namentlich im Jura (Solnhofen in Bayern).

Kalktuff (Tuffstein, Duckstein) ist poröser Kalk und zwar ein Niederschlag aus kalkhaltigem Wasser. Göttingen, Jena, Weimar, Kannstatt u. a.

Rogenstein oder **Oolith, Erbsenstein** (Fig. 161) ist ein Kalkstein, der aus hirsengroßen mehrschaligen Körnern besteht, die durch ein kalkiges Bindemittel zusammengekittet werden. Karlsbad, Bernburg, Schwarzwald.

Kreide besteht aus Schalen mikroskopischer Urtiere (Foraminiferen) und findet sich namentlich auf Rügen, in England und Frankreich.

Körnig-kristallinische Massen von Kalkspat liefern Marmor, die stengeligen, faserigen und dichten Kalksteine, die erdigen Kreide.

Die **Kalkspatkristalle** zeichnen sich durch großen Formenreichtum aus; es gibt über 50 verschiedene Rhomboeder und etwa 150 verschiedene Skalenoeder. Am häufigsten sind die Formen ∞R (Protoprisma), O (Basis), R bis $^1/_2$ R (negatives Rhomboeder) und die Skalenoeder (R_3 und R_2). Eine der häufigst vorkommenden Kombinationen stellt Fig. 162 (Prisma und Rhomboeder) dar.

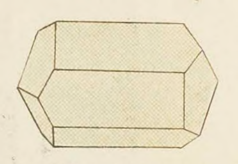


Fig. 162.

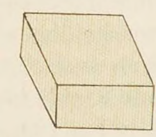


Fig. 163. Kalzit. Grundgestalt.

Das Hauptrhomboeder R ist durch Spaltung aus allen Kristallen leicht zu erreichen, doch kommt es als Kristallform nicht vor (Fig. 163).

Kalkspat ist glasglänzend, durchsichtig, farblos, oder weiß, grau, blau, grün, gelb und rot, hat H. 3, spez. Gew. von 2,6 bis 2,8. Außer chemischen Beimischungen von Eisen und Magnesium finden sich auch mechanische von Quarzsand (kristallisierter Sandstein von Dürkheim). Durch Glühen verwandelt er sich unter Abgabe von Kohlensäure in Kalzium-

oxyd (den sogen. gebrannten Kalk) $CaCO_3 = CaO + CO_2$. Benetzt man kohlensauren Kalk mit Salzsäure, so erfolgt unter Aufbrausen Abscheidung von Kohlensäure.

Doppelte Strahlenbrechung. Als isländischer Doppelspat kommt Kalkspat bei Helgastadr vor, wo er eine 12 m lange und 5 m breite Höhlung ausfüllt. Im Jahre 1670 entdeckte der Däne Bartholin an einem solchen Kristall die Erscheinung der Doppelbrechung.

Legt man ein rhomboedrisches Spaltungsstück des (isländischen) Kalkspates auf ein Papier mit Schriftzügen oder Linien, dann erscheinen diese doppelt. Die Lichtstrahlen werden beim Durchgang doppelt gebrochen. Diese Eigenschaft kommt nicht nur dem isländischen Kalkspat, sondern allen Kalkspaten und allen Kristallen zu, die nicht dem regulären System angehören. Alle regulären Kristalle und nicht kristallisierten Körper, wie z. B. Glas, Wasser, haben nur einfache Lichtbrechung. Aber nur wenige Kristalle lassen die Doppelbrechung ohne physikalische Apparate (Polarisationsapparate) erkennen. Derartige Hilfsmittel zeigen auch noch ein verschiedenartiges Verhalten der nicht regulären Kristalle und zwar ergibt sich, daß die quadratischen und hexagonalen andere optische Eigenschaften haben als die rhombischen, monoklinen und triklinen.

Kalkspat zeigt nämlich nicht nach allen Seiten Doppelbrechung. Sieht man durch Platten, die parallel der Basis, also senkrecht zur Hauptachse geschnitten sind, und blickt man in der Richtung der Hauptachse durch den Kristall, so bemerkt man nur einfache Brechung. Diese Richtung nennt man die optische Achse. Die Erscheinung tritt bei allen Kristallen des hexagonalen und quadratischen Systems auf. Sie haben eine optische Achse, die mit der kristallographischen Hauptachse zusammenfällt; sie sind optisch einachsig. Dagegen gibt es bei den Kristallen des rhombischen, monoklinen und triklinen Systems 2 Richtungen, nach welchen einfache Lichtbrechung stattfindet; hier sind 2 optische Achsen vorhanden, die Kristalle sind optisch zweiachsig.

Ein einfaches optisches Instrument, welches uns mit manchen für die Mineralienbestimmung mitunter sehr wichtigen Verhältnissen bekannt macht, ist die Turmalinzange. Sie enthält je ein farbiges Turmalinkristallblättchen, welches in eine kleine Korkschichte eingefügt ist und mit dieser gedreht werden kann. Während die beiden Turmaline bei Parallelstellung gefärbt erscheinen, zeigt sich bei einer Drehung des einen Blättchens um 90 Grad eine starke Verdunklung. Bringt man nun zwischen die Zange ein Plättchen (senkrecht zur Hauptachse geschnitten) eines einachsigen Kristalls,

dann zeigen sich konzentrierte, farbige Ringe und ein dunkles Kreuz (Fig. 164). Bei paralleler Stellung der Turmalinplättchen erscheint ein weißes Kreuz und die Ringe zeigen die komplimentären Farben des ersten Bildes. Fig. 165 dagegen zeigt wie alle optisch zweiachsigen Kristalle zwei farbige elliptische Ringsysteme. Dies zu zeigen, eignen sich die Spaltblättchen von Muscovit und Topas.

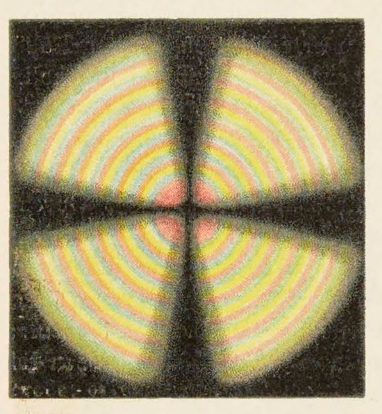


Fig. 164.

Spaltungsblätter von regulären Kristallen zeigen zwischen gekreuzten Turmalinplättchen keine Aufhellung der Verdunklung; eine solche tritt ein bei Spaltungsblättern von optisch ein- und zweiachsigen Kristallen anderer Richtung als der oben erwähnten.

Die Kalkspatkristalle finden sich in Erz- und Mineralgängen, in Höhlungen von Eruptivgesteinen und dichten Kalksteinen (Freiberg, Klaustal, Andreasberg), kurz überall, wo kalkhaltige Mineralien zersetzt wurden. Sie treten sowohl in Einzelindividuen als auch büschel-, gabel-, stauden- und rosettenförmig auf.

Auf welche Weise haben sich wohl die Kalkspatkristalle gebildet? Im allgemeinen haben wir es mit demselben Vorgang zu tun, wie bei der Entstehung der Tropfsteine. Wenn kohlensäurehaltiges Wasser mit Kalk zusammentrifft, erfolgt eine Lösung desselben. Dadurch, daß die Lösung mit Luft in Berührung kommt, verdunstet Kohlensäure, und Kalk kristallisiert langsam aus.

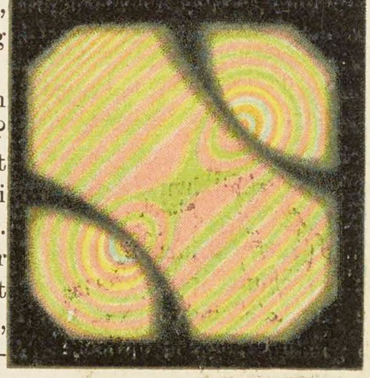


Fig. 165.

Bei der leichten Löslichkeit unseres Minerals ist es nicht zu verwundern, daß es verschiedene Umwandlungen eingeht. Pseudomorphosen nach Gips, Dolomit und Quarz sind nicht selten, auch solche nach anderen Karbonaten wie Eisenzinkspat, Malachit kommen vor.

Kalkspat findet, wie nicht leicht ein Mineral, vielseitige Verwendung als Marmor in der Ornamentik und Architektonik, als

Kalkstein im Mörtel und Zement zu Baustein, als Düngemittel. Gebrannter Kalk wird in der Färberei und Gerberei gebraucht. Wasserheller Kalkspat findet zu optischen Instrumenten Verwendung. Plattenförmiger Kalk liefert die lithographischen Tafeln, Kreide dient als Schreib-, Zeichen-, Polier- und Putzmaterial.

Aragonit ($CaCO_3$).

(Aeltestes Beispiel der Dimorphie.)

Weniger häufig als Kalkspat und vor allem nicht Gebirgsmassen bildend, findet sich der rhombisch kristallisierende Aragonit. Die zu säulen-, nadel- oder spießförmigem Habitus neigenden Kristalle finden sich aufgewachsen auf Klüften, Hohlräumen jüngerer Eruptivmassen wie Basalten (Linz am Rhein, Horschenz in Böhmen, Leogang in Salzburg, Zorge am Harz). Zwillinge, Drillinge und Zwillingsstücke (Fig. 166) sind nicht selten. In letzterem Falle sehen die Kristalle hexagonalen Prismen ähnlich. Auf Eisenspatlagerstätten bildet Aragonit feine, weiße, ästig verbundene Nadeln, die sogen. Eisenblüte, ein Produkt des verwitterten Eisenspates. Der Karlsbader Sprudel oder Erbsenstein ist ebenfalls Aragonit.



Fig. 166. Aragonit von Molina.

Er ist farblos, oft weißgelb, auch rötlich, grünlich, grau oder violett. H. 3,5 bis 4, spez. Gew. 3. Läßt man kohlensauren Kalk aus kohlensäurehaltigem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur auskristallisieren, dann erhält man Kalkspat, bei höherer Aragonit. Sehr verdünnte Lösungen geben auch bei normaler Temperatur Aragonitkristalle.

Magnesit oder **Magnesitspat** ($MgCO_3$), isomorph mit dem Kalkspat, findet sich sehr selten in Kristallen (Rhomboeder). Ziemlich verbreitet jedoch ist er in derben und erdigen Massen, in Klüften magnesiahaltiger Gesteine, wie z. B. des Serpentins, wie überhaupt die Fundorte des Magnesits und jene des Serpentins nahezu dieselben sind. Man verwendet Magnesit zur Herstellung von Bittersalz, Kohlensäure und feuerfesten Ziegeln.



Fig. 167. Dolomitkristalle von Schneeberg in Sachsen.

Dolomit (Fig. 167), eine Mischung von $CaCO_3$ und $MgCO_3$ bildet auf Gängen Kristalle und tritt in derben Abarten in gewaltigen Ablagerungen (Südtiroler Dolomiten) auf, die durch schroffe groteske Berggipfel charakteristisch sind. Zweifellos ist Dolomit organischen Ursprungs und zwar verdankt er seine Entstehung riffbauenden Korallen.

Witherit ($BaCO_3$) rhombisch, meist mit Bleierzen. (Tarnowitz, Salzburg.) Zur Darstellung von Barytsalzen.

Soda ($Na_2CO_3 + 10H_2O$) monoklin, findet sich in abflußlosen Seen Unterägyptens (Natronseen) und tritt beim Austrocknen derselben im Sommer zutage. In einigen Gegenden Ungarns (Debreczin) erscheint das Salz in Form dünner Ausblühungen auf der Bodenoberfläche. Der Verbrauch natürlicher Soda gegenüber der künstlichen ist nicht nennenswert.

---

b) Nitrate und Borate.

Natronsalpeter (Chilisalpeter) ($NaNO_3$). Bei Tarapaca in Peru finden sich auf einem ca. 40 qkm großen, regenarmen Gebiet 1 bis 2 m mächtige Schichten von Salpeter, gewöhnlich mit Salz und Sand bedeckt. Ueber die Art der Entstehung ist man sich noch nicht klar. Daß aber das Meer wesentlich mit beteiligt war, geht daraus hervor, daß sich in und unter den Salpeterlagern Seemuscheln befinden. Die Nachfrage nach Salpeter ist eine sehr große; es werden jährlich gegen 300 000 Tonnen von Peru ausgeführt. Seine hauptsächlichste Verwendung findet er in der Schwefelsäurefabrikation, in der Herstellung von Kalisalpeter mittels Chlorkalium und zur Darstellung von Salpetersäure. Er kristallisiert rhomboedrisch, verpufft mit Kohle und färbt die Flamme gelb.

Kalisalpeter (KNO_3) rhombisch, in Wasser leicht löslich, verpufft auf glühender Kohle lebhaft, färbt die Flamme violett. Findet sich in den Höhlen mancher Kalksteingebirge (Ceylon, Leonhardshöhle bei Homburg), in der Nähe ehemaliger Begräbnisstätten, so in Südamerika, Persien, Aegypten und namentlich Ostindien. Er bildet sich überall, wo stickstoffhaltige organische Substanzen in Gegenwart von Kaliumkarbonat verwesen. Dazu kommt noch die Mitwirkung gewisser Mikroorganismen. Das heiße Klima ist der Salpeterbildung ganz besonders günstig. Künstliche Herstellung von Salpeter in Salpeterplantagen. Kalisalpeter findet in der Färberei, Druckerei und vor allem zur Schießpulverbereitung Verwendung. Für letzteres Produkt eignet sich Natronsalpeter nicht, da er Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Heutzutage wird fast der gesamte Kalisalpeter aus Natronsalpeter und Chlorkalium hergestellt.

Borate.

An den Ufern mehrerer Seen in Tibet, sowie in der Umgebung des Clear-Sees in Kalifornien wittern massenhaft Kristalle aus, von denen manche eine Größe von 6 bis 8 cm erreichen. Sie sind farblos oder hell gefärbt, monoklin, breit und kurz-säulenförmig. Es sind das die Kristalle

des **Borax** ($Na_2B_4O_7 + 10\ H_2O$). Bei schneller Erhitzung zerspringt das Mineral, vor dem Lötrohr schmilzt es, nachdem es sich stark aufgebläht hat, zu einer durchsichtigen Masse.

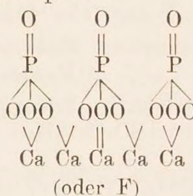
Es wird zur Herstellung des gereinigten Borax verwendet, der beim Löten und zur Bereitung von Emails und Gläsern als Flußmittel dient und findet ferner Anwendung in der Medizin.

Borazit, ein in Würfeln und Rhombendodekaedern kristallisierendes Mineral, findet sich in Gips und Anhydrit eingewachsen bei Lüneburg, Segeberg und im Carnallit von Leopoldshall. Er ist farblos, mitunter weiß bis gelblich. Vor dem Lötrohr schmilzt er unter Aufblähen nach und nach zu einer Perle, die aber bald weiß und undurchsichtig wird.

---

c) Phosphate.

Apatit, Chlor- und Fluorapatit.



Apatit (Fig. 168) ist eines jener Mineralien, die sich gewöhnlich nur in geringen Mengen finden, dafür aber weit verbreitet sind und einen wichtigen Gesteinsgemengteil ausmachen. In Eruptivgesteinen kommt er in langprismatischen, auch nadelförmig hexagonalen Kristallen vor; aufgewachsen auf Klüften und Hohlräumen im Gneis und sonstigen kristallinischen Schiefern, ferner als regelmäßiger Begleiter des Zinnsteines auf Gängen (Erzgebirge). Eingewachsen zeigt er sich im körnigen Kalk und Talgschiefer. In verhältnismäßig mächtigen Lagern findet sich Apatit an der Lahn und zwar körnig. Diese Ablagerungen sind wegen der Wichtigkeit des Apatits als Düngemittel von landwirtschaftlicher Bedeutung. Als häufiger Bestandteil vieler Gesteine gelangt er leicht in die Ackererde. Dort erfährt er durch Wasser und Kohlensäure eine Umwandlung in löslichen phosphorsauren Kalk, in welcher Form er in die Pflanzen gelangt. Diese wiederum sind die Phosphorlieferanten für die Knochen der Menschen und Tiere. Eine vollständige Auflösung und Entfernung aus dem Boden erleidet Apatit durch die Einwirkung der Kaolinisierung.

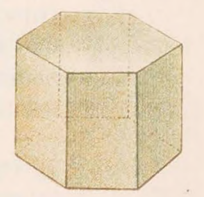


Fig. 168. Apatit von Schlackenwald in Böhmen.

Die mitunter Gase, Flüssigkeiten und Glas einschließenden Kristalle sind, wenn sie in Eruptivgesteinen vorkommen, gewöhnlich braun oder blaugrau gefärbt, oft farblos oder weiß, auch grün (Spargelstein), blaugrün (Moroxit), blau und violett. H. 5, spez. Gew. 3,2.

---

d) Sulfate.

Salze der Schwefelsäure H_2SO_4 $\begin{matrix} O= \\ O= \end{matrix} S < \begin{matrix} O-H \\ O-H \end{matrix}$

A. Wasserfreie:

Anhydrit SO_4Ca	rhombisch	isomorph.
Baryt SO_4Ba	"	
Cölestin SO_4Sr	"	
Vitriolbleierz SO_4Pb	"	

B. Wasserhaltige:

Gips $SO_4Ca . 2 H_2O$	monoklin	Zinkvitriol $SO_4Zn . 7 H_2O$	
Kieserit $SO_4Mg . H_2O$		Nickelvitriol $SO_4Ni . 7 H_2O$	
Bittersalz $SO_4Mg . 7 H_2O$	rhombisch	Eisenvitriol $SO_4Fe . 7 H_2O$	monoklin

Kupfervitriol $SO_4Cu . 5 H_2O$ triklin.

Wasserhaltige mehrerer Metalle:

Kalialaun $(SO_4)_2 Al . K . 12 H_2O$.
Ammoniakalaun $(SO_4)_2 Al . (NH_4) . 12 H_2O$.

Anhydrit und Gips ($CaSO_4$ ($+ 2 H_2O$).

Sowohl die Meere als auch unsere Süßwasser enthalten erhebliche Mengen von gelöstem Gips. So finden wir im Atlantischen Ozean 0,15 %, in der Nordsee 0,12 % Gips, und von mancher Gips führenden Quelle (Wisper-Tal in Wallis) ist bekannt, daß sie jährlich gegen 200 cbm dieses Salzes dem Erdboden entzieht. Hieraus kann man auf eine große Verbreitung des Minerals schließen.

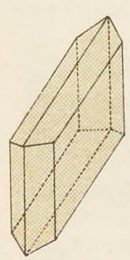


Fig. 169.

Gips findet sich in einzelnen eingewachsenen oder zu Gruppen vereinigten Kristallen, welche dem monoklinen System angehören (Fig. 169). Zwillingsbildungen sind häufig; sowohl jene, die normale Kristalle aufweisen, als auch solche, die durch den Druck des nachliegenden Gesteins gebogen oder geknickt sind. (Orthopinakoid, als Zwillingsfläche.) Ferner findet er sich in großen, klaren, spätigen Stücken (Fraueneis, Marienglas), in körnigen, strahligen bis dichten Aggregaten, in Platten und Trümmern, feinfaserig und seidenglänzend als Fasergips, feinkörnig und weiß als Alabaster und endlich als dichter Gips in mächtigen Lagern (am N.-W.-Rand des Harzes, bei Lüneburg, Segeberg, Pariser Becken, Bex, Toskana, Sizilien).

Mitunter treten bis schenkeldicke, wasserhelle Zwillinge auf, die infolge des von dem umgebenden Gestein ausgeführten Druckes

stark wellig gebogen erscheinen (Fig. 170). Gips zeigt eine höchst vollkommene Spaltbarkeit nach dem Klinopinakoid, der gewöhnlich perlmutterglänzenden Fläche. Nach den zwei anderen Richtungen ist die Spaltbarkeit weniger vollkommen. H. 1,5 bis 2, spez. Gew. 2,2 bis 2,4. In dünnen Blättchen biegsam. Häufig ist er farblos, manchmal gelblichweiß, weingelb, rötlich bis fleischrot, grau bis schwärzlich gefärbt.

Durch gewöhnliche Sodalösung wird Gips in Kalkspat, durch kochende in Aragonit verwandelt. Umgekehrt kann auch Kalkpulver durch Schwefelsäure leicht in Gips übergeführt werden, wobei unter Aufbrausen die Kohlensäure entweicht. Die dadurch erhaltenen, gewöhnlich nadelförmigen Kristalle geben nach dem Trocknen durch gelindes Erwärmen im Reagenzröhrchen Kristallwasser ab.

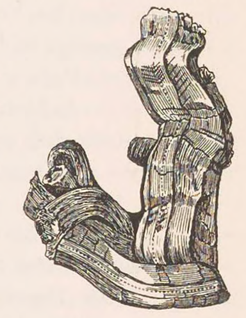


Fig. 170.

Derselbe Vorgang, bei welchem durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Kalk Gips entsteht, findet im großen in der Natur statt. Da, wo Schwefelkies, Markasit und andere schwefelhaltige Erze verwittern, bildet sich mit Wasser und dem Sauerstoff der Luft freie Schwefelsäure. Kommt diese Säure mit Kalk in Berührung, dann findet eine Umwandlung in Gips statt. Tatsächlich finden wir Gips häufig auf Gestein, welches kohlensauren Kalk und Schwefeloxyd enthält. Ein Beispiel für die Umwandlung des Kalkes durch die Einwirkung schwefelwasserstoffhaltiger Quellen bietet uns Selvena in Toskana. Auch die Schwefeldämpfe von Vulkanen wirken auf die Kalksteine gipsbildend (Island).

Wie erwähnt, wird durch gelindes Erwärmen des Gipses das Kristallwasser entfernt. Die Kristalle zerfallen zu einer weißen zerreiblichen Masse, jedoch wird durch Befeuchten mit Wasser das Kristallwasser wieder aufgenommen. Dieser Prozeß ist von technischer Bedeutung, denn darauf beruht die Verwendung des sogenannten gebrannten Gipses zu Gipsfiguren. Der Gipsbrei hat durch das aufgenommene Wasser die Fähigkeit erlangt, allmählich zu erhärten. Würde man jedoch Gips auf 200 Grad erhitzen, dann würde er die Fähigkeit, Kristallwasser aufzunehmen, verlieren. Er ist dann totgebrannt und verhält sich wie Anhydrit ($CaSO_4$). Gips und Anhydrit stehen insofern in nahen Beziehungen zueinander, als in der Natur häufig eine Umwandlung der einen Form in die andere stattfindet. Weitaus die größeren Mengen dieser Sulfate haben sich aus dem

Wasser abgeschieden, während die oben erwähnte Entstehung von Gips, die übrigens auch für Anhydrit Geltung hat, von geringer Bedeutung ist. Beide, Gips wie Anhydrit, finden sich in den Steinsalzlagern. Derber Anhydrit bildet dort meistens das Liegende oder befindet sich wie z. B. in den Salzlagerstätten Staßfurts in den unteren Schichten in Wechsellagerung mit Kochsalz. Es hat sich herausgestellt, daß Gips sich dann aus dem Meere oder einem Salzsee ausscheidet, wenn es sich um geringen Druck, also um geringe Tiefe handelt, und das Wasser nicht zu reich an Chlormagnesium ist. So entsteht z. B. bei einem Druck von 10 Atmosphären (10 . 10,33 m = 103,3 m) Anhydrit. Durch Aufnahme von Wasser kann dieser schon in wenigen Tagen in Gips übergehen, wie sich das bei Bex, wo Anhydritstücke in die Grubenhalden stürzten, gezeigt hat. Aber auch atmosphärische Wasser ermöglichen eine rasche Umwandlung, indem sie in die kleinsten Risse und Spalten des Anhydrits eindringen. Da jedoch eine Vergrößerung des Volumens bis zu 60 % stattfindet, so sind Knickungen, Ueberstürzungen angrenzender Schichten unvermeidlich.

Es kann sich aber auch Anhydrit am Gips bilden und zwar, wenn pulverisierter Gips mit einer konzentrierten Kochsalzlösung erhitzt wird. Der Vorgang kann unter dem Mikroskop verfolgt werden. Die Umwandlungen von Gips in Anhydrit kann man im Innern der Salzgebirge beobachten.

Interessant sind die Höhlenbildungen in Gipslagern, wie sie sich namentlich im Harz finden. Da haben wir die großen Gipshöhlen bei Nordhausen, von denen die eine, die Kelle, 82 m lang, 73 m breit und 45 m hoch ist. Bei Eisleben zeigt sich eine Höhle von 850 m Länge. Der Kalkberg bei Segeberg in Holstein besteht im Innern aus Anhydrit. Die große Löslichkeit des Gesteins, welche noch bedeutender als jene des Kalkes ist, gab Anlaß zu jenen Höhlenbildungen. Auftreten von Spalten, Einstürze, die mitunter zu einem lokalen Erdbeben wurden, wie z. B. das Erdbeben des Wisper-Tales in Wallis 1855, sind das Ende solcher Höhlungen.

Die Anhydritkristalle, welche sich nicht selten eingewachsen in Steinsalz oder Kieserit finden, gehören dem rhombischen System an. Sie haben eine deutliche Spaltbarkeit nach drei Flächen, sind, wenn nicht farblos, dann weiß, bläulichgrau oder rötlich gefärbt und haben grauweißen Strich.

Gips findet Verwendung zu Gipsfiguren in der Bildhauerkunst, zu Stuckarbeiten (Mischung mit Kalk und Sand), als Düngemittel, als Zusatz zu Glasuren. Als Alabaster gebraucht man ihn im Kunst-

gewerbe zu Vasen, Ornamenten etc., als feinfaserigen Gips zu Perlen und anderen Schmuckgegenständen.

Baryt oder Schwerspat ($BaSO_4$)

mit dem verhältnismäßig hohen spez. Gew. von 4,48 ist eines der formenreichsten Mineralien des rhombischen Systems. Die farblosen, zuweilen wasserhellen, auch gelblich, rötlich oder bläulich gefärbten Kristalle finden sich oft in prächtigen Drusen auf Erzgängen, verbunden mit Schwefelmetallen, Silbererzen, Bleiglanz, Kupferkies (Andreasberg, Klaustal, hier in mehreren cbm großen bläulichen Kristallen, Marienberg, Freiberg, Annaberg, Przibram, Ungarn, Siebenbürgen). Ferner tritt er als Bindemittel von Sandsteinen und als Versteinerungsmittel von Amoniten (Schloß Banz) auf. In allen Fällen haben sich wohl die Kristalle auf nassem Wege gebildet.

Vor dem Lötrohr lebhaft zerknisternd und schwer schmelzend. Künstlich läßt er sich u. a. dadurch leicht herstellen, daß man zur Lösung eines Bariumsalzes Schwefelsäure gibt und auskristallisieren läßt.

Gebrauch: Als Anstrichfarbe, zur Herstellung verschiedener Präparate und, wegen seines hohen Gewichtes, zur Fälschung von Mehl.

Weniger häufig, vor allem selten auf Erzgängen, findet sich auf Schwefel und Gips der bläuliche oder auch farblose **Cölestin** ($SrSO_4$).

Glaubersalz ($Na_2SO_4 + 10\,H_2O$) findet sich in Salzlagerstätten, gelöst in Quellen, als Auswitterung in einigen Steppen, mitunter auch wechsellagernd mit Kochsalz am Kaukasus als 5 Fuß mächtiges Lager von Ton und Mergel bedeckt.

Gebrauch: Als Arzneimittel, zur Glasbereitung und Herstellung von Soda.

Kieserit ($MgSO_4$) überzieht sich rasch an der Luft und ist in Wasser vollständig löslich. Findet sich bekanntlich in Staßfurt mit Steinsalz in mächtigen Lagern und zeigt häufig Sylvin und Anhydrit eingeschlossen.

Bittersalz ($MgSO_4$) findet sich als Auswitterung des Bodens (Steppen Sibiriens), im Gneis bei Freiberg, im Schieferton bei Offenbach als Umbildung des Kieserits zu Staßfurt oder gelöst in Mineralwässern; Eger, Epsom, Friedrichshall. Verwendung in der Medizin.

Zinkvitriol ($ZnSO_4$) meist feinkörnig als Verwitterungsprodukt der Zinkblende namentlich in Goslar. Die künstlich hergestellten Kristalle verwendet man als Arzneimittel, in der Färberei, Druckerei, zur Herstellung von Lackfarben.

Eisenvitriol ($FeSO_4$). Selten trifft man in der Natur die grünen Kristalle des monoklinen Eisenvitriols an. Gewöhnlich hat man es mit traubigen, nierenförmigen Gebilden oder mit Krusten und Zapfen zu tun. In

dieser Form findet er sich in alten Bergbauten an den Decken. Er entsteht durch Oxydation von Pyrit oder Markasit unter der Bildung freier Schwefelsäure, die, wenn sie mit Ton in Berührung kommt, ein wasserhaltiges Aluminiumsulfat erzeugt, das sich gewöhnlich in traubigen Krusten absondert. Die Lösung von Eisenvitriol bildet in der Natur mit kohlensaurem Kalk Gips und unlösliches Eisenhydroxyd. Organische Substanzen sind ein Reduktionsmittel für Eisenvitriol (vergl. unter „Eisen"). Die Grubenwasser lösen ihn und bekommen dadurch tintenartigen Geschmack.

Eisenvitriol schmilzt in reinem Kristallwasser und läßt weißes, entwässertes Salz zurück.

Gebrauch: In der Druckerei, Färberei, zur Herstellung von schwarzer Tinte, des Berlinerblaus, Vitriolöls und zu verschiedenen Präparaten.

Kupfervitriol ($CuSO_4$, Fig. 171) bildet sich in der Natur hauptsächlich durch Verwitterung von Kupferkies (Oxydationsprodukt) in faserigen, nierenförmigen oder tropfsteinartigen Massen, selten in deutlichen Kristallen. Gewöhnlich löst sich der Vitriol in den Grubenwässern, die den Namen Zementwässer haben. Bringt man Eisengegenstände in diese Wässer, dann setzt sich Kupfer an denselben ab. Durch vorsichtiges Erhitzen unserer triklinen Kristalle schwellen diese an, geben bei 100 Grad 4 Moleküle und bei 200 Grad das fünfte Molekül Wasser ab und werden weiß. Durch Betupfen mit Wasser kehrt die Farbe wieder zurück. Auf Kohle (mit Soda) läßt sich metallisches Kupfer herstellen.

Fig. 171. Kupfervitriolkristall.

Gebrauch: Färberei, Druckerei, Papierfabrikation, Verkupferung.

Tonerde-Kali-Alaun ($Al(NH_4) . (SO_4)_2$) kristallisiert vorwiegend im Oktaeder des regulären Systems, findet sich auf Klüften von Laven, als Ausblühungen von Silikaten, als Produkt brennender Steinkohlenlager auf Schiefergesteinen (Duttweiler bei Saarbrücken, Potschappel bei Dresden) gewöhnlich faserig, glasglänzend, farblos oder weiß. Gut ausgebildete Kristalle erhält man künstlich. Andere Alaune (Doppelsalze vom Aluminiumsulfat und einem andern Sulfat) sind die Natron-, Ammoniak-, Magnesia-, Mangan- und Eisenalaune.

---

e) Silikate.

Kieselsäure $Si(OH)_4$. Metakieselsäure SiO_3H_2.

$$Si\begin{cases}O\text{-}H\\O\text{-}H\\O\text{-}H\\O\text{-}H\end{cases} - H_2O = Si\begin{cases}O\\O\text{-}H\\O\text{-}H\end{cases}$$

Beispiele: Olivin $Si\begin{cases}O\\O\end{cases}\!>Mg. \quad \begin{cases}O\\O\end{cases}\!>Mg.$ Enstatit $Si\begin{cases}O\\O\\O\end{cases}$ (mit $\begin{matrix}O\\O\end{matrix}>Mg.$)

Einteilung.

A. Wasserfreie Silikate.

Die Elemente O und H sind nicht als Wasser, sondern als Hydroxyl enthalten.

Orthosilikate.

Olivin
Granatgruppe
Glimmer
Chlorit
Serpentin
Talk
Kaolin

} Sauerstoffverhältnis 1 : 1. Verhältnis der Basen zu den Säuren 1 : 1, z. B. $SiO_4Mg_2 = 2\,MgO + SiO_2$.

Basische Silikate.

Disthen
Topas
Turmalin
Epidot
Vesuvian

} Sauerstoffverhältnis größer als 1 : 1, z. B. $SiO_3Mg = MgO + SO_2$. 1 : 2.

Metasilikate.

Pyroxene.
Amphybole.
Leuzit.
Beryll.

Intermediäre.

Sauerstoffverhältnis zwischen der Ortho- und Metasäure stehend.
Nephelin.
Sodalith.
Cordierit.

Polykieselsaure Salze.

Salze der Säure $Si_3O_8H_4$ und höhere.
Feldspate.

B. Wasserhaltige Silikate.

Zeolithe.

Natrolith.
Analcim.
Desmin.

Feldspat.

Eine vollkommene Unauflöslichkeit von Gestein durch Wasser existiert nicht. Das beweisen die vielen Pseudomorphosen, von welchen manche, wie Braunstein nach Quarz, Quarz nach Flußspat, und mitunter ganze Erzgänge zeigen, daß zwischen der neuen und der vorhergehenden Substanz überhaupt keine chemischen Beziehungen

vorhanden sind. Die Substanz wurde aufgelöst, weggeführt und eine andere abgesetzt. Inwiefern Gesteine wie Gips, Steinsalz und Kalk vom Wasser gelöst werden, haben wir bereits gesehen.

Ebenso sind uns die Veränderungen bekannt, die durch Oxydation, vermittelt durch das mit Sauerstoff beladene Wasser, hervorgerufen werden. Eisenkies wird zu Eisenvitriol, Zinkblende zu Zinkvitriol, Kupferkies zu Kupfervitriol. Die Vitriole sind wiederum imstande, andere Wechselzersetzungen einzuleiten. Ferner werden Metalloxydule (Eisen) zu Metalloxyden u. s. f., wasserfreie Substanzen werden zu wasserhaltigen, wie sich das augenfällig bei der Umwandlung des Roteisensteins auf Elba in Brauneisenstein und bei jener von Anhydrit in Gips zeigt; kohlensäurehaltiges Wasser zersetzt u. a. die Silikate von Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen- und Manganoxydul und zwar in der Weise, daß Karbonate dieser Stoffe und freie Kieselsäure entstehen.

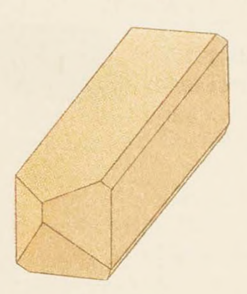


Fig. 172. Gemeiner Feldspat aus Porphyrgranit.

Von dieser Veränderung werden ganze Gebirge betroffen und zwar alle diejenigen, welche die Silikate Feldspat, Augit, Hornblende enthalten, also z. B. Granit, Syenit, Gneis- und Phonolithgebirge.

Die frei gewordene Kieselsäure ist in Wasser löslich; sie wird fortgeschwemmt und scheidet sich großenteils als Quarz oder Opal aus. Auf diese Weise sind namentlich diejenigen Quarze entstanden, die sich in Gängen und Adern finden. Ebenso wird ein großer Teil der Karbonate fortgeführt, um weitere chemische Prozesse zu verursachen, solche wie Kalk- und Eisenspat setzen sich ab.

Was jedoch übrig bleibt, ist das schwer angreifbare wasserhaltige Tonerdesilikat, der Ton, das Endprodukt des ganzen Prozesses.

Eines unserer verbreitetsten Silikate, das in keiner Ackererde fehlt, in einer Menge von Gesteinen vorkommt und ganz besonders an den erwähnten Vorgängen teilnimmt, ist der **Feldspat** (Fig. 172).

Sein Name weist auf die Häufigkeit als Ackererdebestandteil hin, und auf eine physikalische Eigenschaft, das Spätigsein (Spaltbarkeit). Die glatten, oft perlmutterglänzenden Seiten unterscheiden ihn augenfällig von den eckigen Quarzkörnchen. Dieses Merkmal beruht auf der schon erwähnten Spaltbarkeit, welche nach zwei Richtungen parallel dem mittleren Pinakoid geht.

Die Härte ist 6, das spez. Gew. 2,5 bis 2,7.

Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung unterscheidet man Kali-, Natron- und Kalkfeldspate. Selten jedoch finden sich diese in ganz reinen Typen vor, sondern enthalten in mehr oder minder großen Mengen verschiedene Bestandteile. Kristallographisch kann man sie in eine monokline (Orthoklas) und in eine trikline (Plagioklas) Reihe einteilen. Aber auch in dieser Hinsicht gibt es Uebergänge, indem nämlich die triklinen Formen häufig eine Zwillingsbildung mit monokliner Pseudosymmetrie hervorbringen.

Mit Berücksichtigung der chemischen, physikalisch-kristallographischen Verhältnisse unterscheiden wir:

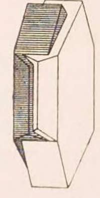
1. Monoklinen Feldspat, Orthoklas oder sogen. Kalifeldspat.

$$Si_3O_8Al(KaNa)Al \begin{cases} (Si_3O_8) \equiv K_3. \\ (Si_3O_8) \equiv Al. \\ (Si_3O_8) \equiv Al. \end{cases}$$

2. Trikline Feldspate. Mikroklin (chemisch mit Orthoklas identisch und makroskopisch diesem äußerst ähnlich).

Albit $Si_3O_8Al(NaK)$
Oiligoklas Si_2SiO_8AlNa
Labradorit Si_2AlO_8AlCa
Anorthit Si_2AlO_8AlCa
} Plagioklase.

Die Feldspate kommen in verschiedensten Dimensionen, von den winzigsten Mikrolithen bis zu Kristallen von mehreren Kubikmetern Inhalt (in Pegmatiten) vor. Als Hauptbestandteil von Granit, Gneis und Quarzporphyr ist der **Orthoklas** zu nennen, der durch seinen Kaligehalt für den Ackerboden von großer Bedeutung ist. Er ist rötlichweiß bis fleisch- oder ziegelrot gefärbt. Selten bildet er als Gemengteil von Gesteinen gut entwickelte Kristalle. Von den zahlreichen Kombinationen des Minerals tritt besonders $\infty \bar{P} \infty$ und $\grave{P} \infty$ hervor. Häufig sind Zwillinge $\infty P . \infty \bar{P} \infty . OP . 2 \grave{P} \infty$. Zwillingsebene $\infty \bar{P} \infty$. Der eine Kristall ist um die c-Achse um 180° gedreht. (Karlsbader Zwillinge, Fig. 173.) Sehr schöne Kristalle finden sich in Karlsbad, Petschau in Böhmen, Ilmenau und Baveno (Bavenoer Zwillinge).


Fig. 173.

Die ein- und aufgewachsenen, mitunter zu Drusen vereinigten Kristalle des Orthoklas sind bisweilen farblos und heißen dann **Adular.** Zeigt dieser gegen das einfallende Licht silberweiße Lichtreflexe, dann nennt man ihn **Mondstein.**

Die glasglänzenden, farblosen, in jungen Eruptivgesteinen vorkommenden Abarten des Orthoklas nennt man Sanidin. (Große Kristalle finden sich im Trachyt des Drachenfels am Rhein.)

Plagioklase. Albit (albus = weiß) kommt fast nur in Zwillingen vor (Drillinge, Doppelzwillinge u. s. w.). Auf Gesteinsklüften in den Alpen (Zillertal) bei Hirschberg in Schlesien.



Fig. 174. Labradorit von der Küste von Labador, geschliffen.

Oligoklas ist ein wichtiger Gemengteil von Granit, Gneis und Quarzporphyr.

Anorthit (anorthos = nicht rechtwinkelig) ist weiß oder grauweiß und findet sich in Dioriten, Diabasen und Basalten.

Labradorit (Fig. 174), in Eruptivgesteinen, welche quarzfrei sind, wie Diorit, Basalt, Gabbro in prächtigen farbenschillernden Kristallen, auf der Parkinsel, an der Küste Labradors und in Kiew. Die farbenprächtigen Steine werden zu Ringsteinen und Ornamenten verschliffen.

Orthoklas wird als Zier- und Schmuckstein (Mondstein) benützt. Schriftgranit (d. s. Feldspate, die regelmäßig von parallel stehenden Quarzen durchwachsen sind) wird zu Dosen verarbeitet. Ferner dient Orthoklas als Zusatz zur Porzellanmasse und zu Glasuren.

Glimmer.

Nebst Quarz, Feldspat und Kalk ist wohl Glimmer zu den verbreitetsten Mineralien der Erdrinde zu rechnen. Während er als Gemengteil vieler Gesteinsarten (Granit, Glimmerschiefer, Gneis) weit verbreitet ist, tritt er jedoch selbständig recht selten auf. Sämtliche Arten, die man zu der Gruppe Glimmer zusammenfaßt, erweisen sich hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften und durch die Zugehörigkeit zum monoklinen System als nahe Verwandte; in chemischer Hinsicht bieten sich mannigfache, zum Teil noch unaufgeklärte Verhältnisse.

Die Glimmer zeichnen sich durch eine vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis aus, welche schon mit dem Fingernagel nachgewiesen werden kann. Auf den abgespalteten Flächen zeigt sich ein dem Glimmer eigener Metallglanz, der an Perlmutterglanz erinnert und der dem Glimmer wohl seinen Namen eingetragen hat (glimmern = glänzen). Wie jetzt sicher nachgewiesen ist, sind alle Glimmerarten isomorph; häufig sind Zwillingsbildungen, die meist nach der Basis verwachsen sind. Die Härte schwankt zwischen 2 und 3, das spez. Gew. zwischen 2,7 und 3,2.

Fig. 175 zeigt uns eine sogenannte Schlagfigur. Die Strahlen weisen am Ende feinere Risse auf. In bezug auf die Zusammensetzung ist hervorzuheben, daß alle Glimmer wasserhaltig sind und daher oft in Tiefengesteinen angetroffen werden (Wassernachweis im Reagenzröhrchen). Während die durch Eisen dunkel gefärbten Glimmer schon durch Salzsäure angegriffen werden, wirkt auf die hell gefärbten selbst Flußsäure nur langsam ein.

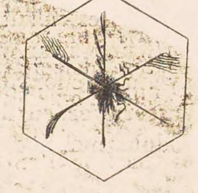


Fig. 175.

Der **Magnesia-Eisenglimmer** oder **Biotit** ($(SiO_4)_3(Al.Fe)_2MgFe_2,KH_2$) ist eine grün-, schwarz- oder braun-, also dunkel gefärbte, durchscheinende (in dünnen Blättchen) bis undurchsichtige Glimmerart. In Eruptivgesteinen, kristallinischen Schiefern und Kontaktgesteinen ist Biotit sehr verbreitet. Schwefelsäure zersetzt ihn unter Ausscheidung von Kieselsäure. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar. Fundorte: Laacher See, Bodenmais im bayerischen Walde, Fassatal in Tirol, Vesuv etc.

Muskovit, Kaliglimmer ($(SiO_4)_3Al_3(KNa)H_2$, Fig. 176) ist hell gefärbt, durchsichtig und ein wesentlicher Bestandteil von Granit, Gneis und Glimmerschiefer, deren Gesteinsgemengteile er bisweilen mit einer glänzenden Hülle umgibt. Manchmal findet er sich in großen Tafeln, wie z. B. im Ural, und wird dann zu Fensterscheiben (russisches Glas) benützt. Wegen der Widerstandsfähigkeit gegen Hitze verwendet man ihn auch an Oefen und Lampen (Glimmerplatten, um das Feuer zu sehen). Wie Biotit bildet auch Muskovit Pseudomorphosen nach Granat, Augit, Hornblende. Durch Verwitterung wird er goldgelb (Katzengold), während er unverwittert seine Farbe beibehält (Katzensilber). Fundorte: St. Gotthard, Aschaffenburg, Bodenmais, Finnland, Rußland, Skandinavien, Nordamerika.

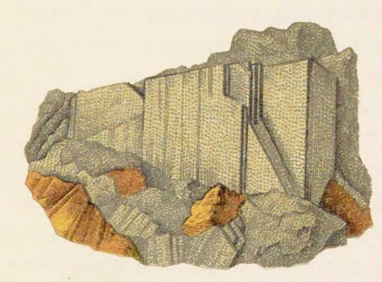


Fig. 176. Muskovit in Granit.

Lepidolith und **Zinnwaldit** (Lithionglimmer). Ersterer gewöhnlich rot, ohne Eisen, letzterer grau, eisenhaltig. Lepidolith findet sich bei Penig in Sachsen, Schüttenhofen in Böhmen, Bozena in Mähren, im Ural; Zinnwaldit bei Zinnwald im Erzgebirge und Altenberg in Sachsen.

Häufig treten bei Glimmer Umwandlungserscheinungen auf,

die sich durch Ausbleichung, also allmähliches Uebergehen in farblosen Glimmer oder durch Chloritisierung, d. i. Umwandlung in Chlorit, zeigt. In letzterem Falle scheiden sich Karbonate, Eisen und Quarz aus. Je eisenhaltiger ein Glimmer ist, desto leichter wird er zerstört, und zwar wird die Zersetzung dadurch eingeleitet, daß Eisenoxyd in Eisenoxydhydrat verwandelt wird. Durch kohlensäurehaltiges Wasser werden die kieselsauren Salze ausgelaugt, so daß als Endprodukt nur noch eisenhaltiger Ton zu finden ist.

Pyroxen- und Amphibolgruppe.

Die Silikate dieser Gruppe sind wichtige Gesteinsgemengteile, die in gewissen Beziehungen zueinander stehen. Chemisch sind sie entweder sogenannte neutrale Metasilikate von der allgemeinen Formel $RSiO_3$, worin R, Mg, F und Ca oder Na K sein kann. In den Verbindungen tritt Al auf.

Physikalisch zeigt sich insofern eine gewisse Uebereinstimmung, als die einzelnen Glieder der Gruppen rhombisch, monoklin, triklin kristallisieren können. Eigentümlich ist der Pyroxenreihe ein Prisma von 87° mit mehr oder weniger deutlicher Spaltbarkeit, die Amphibolreihe ist durch ein Prisma von 124 Grad mit vollkommener Spaltbarkeit charakterisiert. Im allgemeinen ist das spezifische Gewicht der Pyroxenreihe höher als jenes der Amphibolgruppe.

a) Pyroxene.

Die wichtigsten Glieder der Gruppe, nämlich der tonerdefreie und licht gefärbte Diopsid, die tonerdehaltigen dunklen Augite und das Kalziumsilikat Wollastonit, gehören dem monoklinen System an und finden sich mitunter in gut entwickelten Kristallen. H. 5 bis 6, das spez. Gew. liegt zwischen 3 bis 3,5. Ihre chemische Zusammensetzung ist sehr kompliziert; sie bestehen aus Kieselsäure, Kalk, Magnesia, Eisenoxydul; Ton kann fehlen. Sehr verbreitet sind ihre mikrolithischen Bildungen in Basalten, Diabasen und in der Lava. Von den weit verbreiteten Umwandlungen ist besonders die Chloritbildung hervorzuheben.

Fig. 177. Augit von Frascati bei Rom.

Eine unserer bekanntesten Arten ist der sogen. **gemeine Augit** $(SiO_3)2(Mg_1Fe)Ca$, Fig. 177), auch schwarzer Augit genannt. Die meist mattflächigen, schwarzen Kristalle finden sich als Gemengteil vulkanischer Gesteine wie Melaphyr, Basalt, Diabas oder werden sogar bei Eruptionen ausgeworfen. Gute Kristalle finden sich in der Rhön, am Kaiserstuhl, im Fassatal, am

Vesuv, Aetna. Häufig sind Kombinationen von ∞P ∞Ᵽ∞. ∞Ᵽ∞Ṕ. Vor dem Lötrohr schmelzbar wie alle Augite, von Säuren kaum zersetzbar.



Fig. 178. Diopsid aus Piemont.

Diopsid (Fig. 178), grüner Augit, best kristallisiertes Mineral der ganzen Gruppe mit durchsichtigen bis durchscheinenden, meist blaßgrünen Kristallen, kommt mit Granit in Piemont, Mussa-Alp und Zillertal vor.

Wollastonit $(SiO_3)2Ca_2$ als Gemengteil kristallinischer Schiefer. In Eruptivgesteinen selten. In körnigen Kalken oft mit Granat. Auerbach und Lengefeld in Sachsen.

b) Amphibole.

Die chemische Zusammensetzung dieser Gruppe ist so mannigfaltig wie jene der vorhergehenden. Die Hauptglieder der beiden, Augit und Hornblende, stehen in vielfachen Beziehungen zueinander. Sie stimmen chemisch überein, kristallisieren in demselben System und haben gleiche Härte und gleiches spez. Gew. Somit haben wir es mit dimorphen Kristallen innerhalb ein und desselben Systems zu tun. Ein wichtiges Unterscheidungsmittel liegt, wie erwähnt, in den Prismenwinkeln und in der Spaltbarkeit.

Andere Unterschiede liegen in der Schmelzbarkeit, denn die Glieder der Amphibolgruppe sind leicht schmelzbar und zwar um so leichter, je eisenhaltiger sie sind. Endlich sind die Flächen und inneren Hornblendekristalle meist nicht so gut entwickelt wie die des Augits.

Die weit verbreiteten Umwandlungserscheinungen der Amphibole und Pyroxene führen zu Chlorit oder auch Epidot. Große Hitze wandelt Hornblende in Augit um. Außerdem kommen Verwachsungen mit Augit vor.



Fig. 179. Amphibol aus Böhmen.

Gemeine Hornblende $(SiO_3)4CaMg_3$, Fig. 179, grüne und braune) findet sich als wesentlicher Gemengteil von älteren Eruptivgesteinen und kristallinischen Schiefern (Hornblendeschiefer) und in Kontaktgesteinen. Sie ist dunkelgrün bis bräunlichschwarz und undurchsichtig. Schöne Kristalle finden sich bei Arendal (Norwegen).

Basaltische Hornblende in basaltischen Gesteinen zeichnet sich durch glatte und stark glänzende Spaltungsflächen aus. Schöne Kristalle und Zwillinge im Basalttuff des böhmischen Mittelgebirges. Fundorte: Schima in Böhmen, Fichtelgebirg, Rhöngebirg, Vesuv.

Der Name Hornblende deutet auf die Härte (Horn) hin und will ferner besagen, daß das Aeußere des Steines täuscht (Verwechslung mit dem Edelstein Turmalin).

Strahlstein ist eine stengelige, kristallinische Masse, faserig, glasglänzend, hell- bis dunkelgrün, in Kalk und Talg eingewachsen (Sachsen, Zillertal).

Asbest (asbestos = unzerstörbar). Es gibt 2 Asbest-Arten, den Hornblende-(Amphibol)-Asbest (Fig. 180) und den Serpentin-Asbest. Letzterer ist entschieden der wichtigere und wird wegen der großen Widerstandsfähigkeit gegen Hitze zu feuerfesten Gegenständen verarbeitet, da er doch selbst einer Temperatur von 1500° widersteht. Man trifft ihn auf Gängen in feinfaserigen Massen, wobei die Fasern lose oder fest verbunden sein können. Seidenglänzend grau, grünlich. In vielen Gebirgen.



Fig. 180. Amphibol-Asbest aus der Schweiz.

Beryll ist kieselsaures Beryllium und Aluminium ($SiO_3Be_3)6Al_2$), das in langsäulenförmigen Kristallen, dem hexagonalen System angehörig, vorkommt. Häufig sind die Kombinationen von ∞P 0P. Die meist grüne Farbe dieses grasgrünen und durchscheinenden Minerals ist auf Chrom zurückzuführen. Man unterscheidet drei Arten von Beryll, den gemeinen, den Aquamarin und den Smaragd. Der gemeine grünlichweiße, häufig trüb und rissige Beryll findet sich ein- und aufgewachsen im Granat, (Bodenmais, Rosenbach in Schlesien). In Galizien, in New-Hamshire kommen Kristalle von 1,5 m Länge und einem Gewicht von 1500 kg vor.

Der **Smaragd** (Fig. 189) findet sich in Glimmerschiefer oder in Kalk eingewachsen in Sibirien, Finnland, Kolumbien; der meergrüne Aquamarin endlich kommt auf Elba, im Ural und in Brasilien vor. Die beiden letzten haben H. 8 und sind als Schmucksteine hoch geschätzt.

Leuzit ist ein farbloses, weißes oder graues Aluminium-Kalium-Natrium-Silikat, das sich ein- oder aufgewachsen oder auch lose findet, so z. B. in der Nähe des Vesuvs. Ferner ist er ein Gemengteil mancher Eruptivgesteine, wie z. B. der Basalte. In der Lava des Vesuvs, Laacher See. Die Kristalle schließen bisweilen fremde Körper ein (Augitstäbchen, Magneteisen etc.). Sie sind pseudokubisch, in Wirklichkeit rhombisch.

Chlorite

sind magnesia- und eisenhaltige Tonerdesilikate; sie unterscheiden sich aber vom Glimmer, mit dem sie kristallographisch und physikalisch verwandt sind,

durch den Mangel an Alkalien. Monoklin, tafelförmig, nach der Basis spaltbar, H. 1 bis 1,5. In zentralalpinen Graniten (Zillertal), in Klüften im Chlorschiefer (Penin und Klinochlor). Als Felsart (Chloritschiefer) in der Schweiz, in Tirol und Böhmen.

Serpentin ($Si_2O_9(MgFe)_3H_4$, Fig. 181) bildet überhaupt keine Kristalle, sondern dichte Massen mit hauptsächlich grünen Tönen. Aus den optischen Untersuchungen hat sich ergeben, daß der Mineralkörper, den man Serpentin nennt, aus zwei verschiedenen Mineralien gebildet wird, aus einem blätterig gebildeten, Antigorit oder Blätterserpentin und einem faserigen Chrysotil oder Faserserpentin.

Er ist auf sekundäre Weise entstanden. In den meisten Fällen ist er aus Olivin hervorgegangen und zwar durch Austausch eines Teiles Magnesium und des Eisenoxyduls gegen Wasser. Während die ausgeschiedenen Eisenerze als Magneteisen, zu welchem sie oxydierten, zurückbleiben, wird Magnesium als Karbonat fortgeführt. Die fleckigen, wolkigen Zeichnungen sowie die meist dunkle Farbe rühren großenteils von Eisenverunreinigungen her. Die Zersetzung geht oft noch weiter. Indem alles Magnesium als Karbonat hinweggeführt wird, bleibt nur noch Kieselsäure in Form von Opal und Chalzedon übrig. Auch andere Mineralien wie Pyroxen oder Hornblende, Granat und Spinell können sich in Serpentin verwandeln. Und so sind im Laufe der Zeit ganze Gesteinsmassen zu Serpentin geworden, der in Form von Stöcken und Gängen sowohl als auch in eingeschalteten Lagern auftritt. Durch die eingeschlossenen Gemengteile kann man nicht selten auf seine Entstehungsweise schließen. Serpentin wird durch Säuren unter Abscheidung von Kieselsäure zersetzt. Vor dem Lötrohr schmilzt er nur schwer. Man unterscheidet edlen Serpentin, gemeinen, faserigen und blätterigen.



Fig. 181.
Serpentin aus den Apenninen, geschliffen.

Gebrauch: Ornamente, Reibschalen, Vasen, Leuchter und andere Gegenstände werden aus Serpentin gearbeitet (Zöblitz in Sachsen). Wegen der Feuerbeständigkeit wird er zu Herd- und Brandmauern verwendet. Zersetzter Serpentin (Asbest) wird als

Pappe verarbeitet, ferner zu Handschuhen für Feuerwehrleute, zu Wandausfüllungen feuersicherer Schränke u. a. Serpentin findet sich in Schlesien (Reichenstein), bei Hof in Bayern, Zöblitz und Penig in Sachsen, in Tirol, in der Schweiz, im Ural etc.

Olivin, Chrysolith, Peridot ($SiO_4(MgFe)_2$, Fig. 182) kristallisiert rhombisch und zwar ist der Habitus der Kristalle meist säulenförmig; er kommt aber häufig in Körnern, körnigen Knollen (faustgroße Olivinbomben in Steiermark) und eingesprengt vor. H. 7, spez. Gew. 3,2 bis 3,3. Die Farbe ist vorwiegend spargelgrün oder „olivingrün", durch die Oxydation des übrigens sehr wechselnden Eisengehaltes wird das Mineral rotbraun bis rot. Säuren wirken auf Olivin zersetzend ein. Vor dem Lötrohr ist er nicht zum Schmelzen zu bringen.

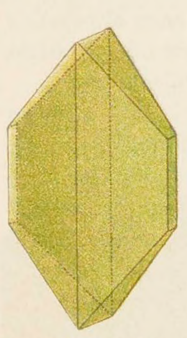


Fig. 182. Olivinkristall.

Olivin bildet einen Hauptbestandteil gewisser Eruptivgesteine (Peridotite). Ferner ist er beigemengt verschiedenen Gesteinen wie Basalt, Diabas, Gabbro und findet sich selbst in Meteoriten.

Von den verschiedenen Umwandlungen, denen er unterworfen ist, ist die häufigste diejenige in Serpentin. Sie beginnt mit einer Ausscheidung von Eisenerzen und kennzeichnet sich durch die grüne Färbung mit schwarzen, braunen oder roten Adern.

Bezeichnend ist die Umwandlung in sogenannten Faserserpentin. Sie beginnt an den Rändern der Kristalle und macht sich bald durch die eintretende Volumenvergrößerung in Sprüngen geltend. Diese werden von Serpentinaggregaten erfüllt und es entsteht somit eine typische, maschenartige Struktur (Fig. 183). Reste von Olivin, die sich in den Maschen finden, werden nach und nach umgewandelt. Da sich dieser Vorgang mitunter in großen Tiefen abspielt und Serpentinbildung an oberflächlichen Lagerungen fehlt, kann von Verwitterung nicht die Rede sein.

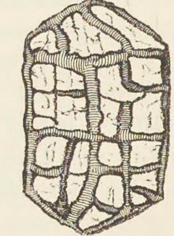


Fig. 183. Olivin in Umwandlung begriffen.

Fundorte: Eifel, Vogelsgebirge, Böhmen. Die aus dem Orient stammenden Chrysolithe schleift man zu Schmucksteinen.

Talk, das weichste Mineral, H. 1, ist ebenfalls ein sekundäres Produkt, das aus Olivin, Hornblende und Augit (tonerdearmen und tonerdefreien Silikaten) sich bildet. Im reinen Zustande ist Talk schuppig, blätterig, grünlichweiß, durchscheinend und nach der Basis spaltbar. Vor dem Lötrohr leuchtet er. Talk fühlt sich fettig an, und da er auch Fett aufnimmt, wird er als Schmier- und Entfettungsmittel angewendet. (Zum Schmieren von Maschinen, als Rutschpulver für Glacéhandschuhe, Schminke, Schneiderkreide.)

Er bildet verschiedene Metamorphosen, welche seine sekundäre Ent-

stehung bestätigen. Mit Quarz gemengt, bildet er Talkschiefer (Zillertal, St. Gotthard, Steiermark).

Dichter Talk heißt Speckstein (Wunsiedel, Tirol).

Meerschaum ist ein Umwandlungsprodukt des Serpentins, in dessen Lagern er vorkommt. Er bildet erdige, meist grauweiße Knollen und schwimmt wegen seiner feinporösen Beschaffenheit auf dem Wasser. Da er aber dasselbe begierig aufsaugt (daher auch das Haften an der Zunge), geht er bald unter. Salzsäure zersetzt ihn unter Abscheidung von Kieselsäure.

Fundorte: Vallecas bei Madrid, Griechenlaud (Theben), Kleinasien (Eski-Schehr), bei Hrubschitz in Mähren.

Gebrauch: Pfeifenköpfe, Zigarrenspitzen.

Granatgruppe.

Diese Mineralien sind Aluminiumsilikate des Kalkes, der Magnesia und des Eisenoxyduls. Daraus, daß bald das eine, bald das andere Element vorherrscht, erklärt sich die große Mannigfaltigkeit innerhalb der Gruppe der Granaten, die aber, wie gleich bemerkt werden muß, in kristallographischer und physikalischer Hinsicht übereinstimmen. Alle Granaten gehören dem regulären System an und kristallisieren vorzugsweise in Rhombendodekaeder, finden sich auch in Körnern in wechselnder Größe, von Faustgröße bis herab zu den Mikrolithen. Die Spaltbarkeit ist unvollkommen, der Bruch muschelig, H. 7, spez. Gew. 3,5 bis 4,3. Die Farbe ist verschieden, aber sie läßt keine Schlüsse auf die chemische Zusammensetzung zu. Vor dem Lötrohr ist er leicht schmelzbar, in Säuren aber unlöslich.

Die Granaten sind weit verbreitete Gesteinsgemengteile, die mitunter so zahlreich auftreten, daß sie dem Gestein eine charakteristische Farbe verleihen. Nur ganz selten unterliegen sie Umwandlungen in Chlorit oder Hornblende.

Zu den häufigst vorkommenden Granaten gehört der Eisen-Tongranat **Almandin** $(SiO_4)_3(AlFe)_2(FeMgCa)_3$, Fig. 17), dessen kirsch- bis blutrote, durchsichtige Kristalle als „edler" Granat (Karfunkel), und dessen getrübte, rote bis gelbrote Arten als „gemeiner" Granat bezeichnet werden. Eingewachsen findet er sich in kristallinischen Schiefern und Kontaktgebilden in Sachsen, Böhmen, Tirol.

Der chromhaltige **Pyrop** findet sich in Olivingesteinen und Serpentinen (Meronitz in Böhmen), **Hessonit,** ein Kalkgranat, honiggelb bis hyazinthrot; auf Klüften, Ungarn, Piemont, Ceylon.

Melanit, titanhaltig, sammetschwarz und undurchsichtig; Harz, im Breisgau, Kaiserstuhl, Vesuv.

Grossular $(SiO_4)3Al_2Ca_3)$ spargelgrün; im Fassatal, Sibirien.

Topas ($SiO_4Al_2(FeOH)_2$, Fig. 184) kristallisiert rhombisch und zwar finden sich die stets säulenförmigen Kristalle ein- und aufgewachsen oder zu Drusen vereinigt. (Vorherrschend sind Kristalle der Kombination $\infty P \infty . P_2 . P$.) Außerdem kommt Topas derb und stengelig vor. Die Spaltbarkeit nach OP ist vollkommen, der Bruch muschelig bis uneben, H. 8, spez. Gew. 3,5. Topas findet sich primär in Graniten, nicht selten kommt er mit Turmalin und Zinnerz, wie z. B. an verschiedenen Stellen des Erzgebirges, vor. Dort trifft man auch Umwandlungen von Feldspat und Quarz in Topas (Schneckenstein im Erzgebirge).

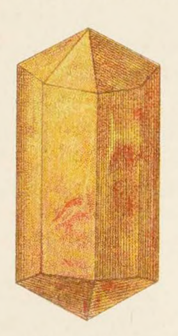


Fig. 184. Topaskristall aus Brasilien.

Das wasserhelle, meist weißgelbe, auch grünliche Mineral wird wegen seiner schönen Farben und seiner ansehnlichen Härte zu Schmuck verarbeitet (Fig. 192, 193). (Kristalle jetzt sehr selten!)

Außer Schneckenstein bei Auerbach kommen noch Penig und Geyr in Sachsen in Betracht. Brasilien liefert gelbbraune, Sibirien grüne Topase; in Säuren unlöslich, vor dem Lötrohr unschmelzbar. Bei hoher Hitze verliert jeder Topas seine Farbe.

Turmalin

kristallisiert rhomboedrisch (meist $\infty P_2 \frac{\infty R}{2} . R$), und zeichnet sich durch seine Hemimorphie aus. Die chemische Zusammensetzung des borhaltigen Tonerdesilikates, von der die Farbe abhängt, ist eine sehr komplizierte und außerdem eine wechselnde. Turmalin besitzt Eigenfarbe und ist nicht durch fremde Einlagerungen gefärbt. Zuweilen tritt sogar eine Mehrfarbigkeit in ein- und demselben Kristall auf, indem das obere Ende anders als das untere, der innere Kern anders als die äußere Hülle gefärbt ist (Fig. 197). So findet man Kristalle mit grüner Hülle und rotem Kern, helle Kristalle mit dunklem Ende (Mohrenköpfe). H. 7, spez. Gew. 3.

Vor dem Lötrohr verhalten sich die einzelnen Arten verschieden, die einen schmelzen leicht, andere schwer. Spaltbarkeit unvollkommen, Bruch muschelig.

Turmalin findet sich eingewachsen und aufgewachsen in Graniten, Gneisen, kristallinischen Schiefern, in der Umgebung der Zinnerze, in Kupfergängen und Kontaktgesteinen. Der Farbe nach unterscheidet man:

Wasserhellen oder edlen Turmalin (Elba und St. Helena).

Schwarzen Turmalin (Schörl), die einzige Art, die als primärer Gesteinsgemengteil in Granit auftritt. (Andreasberg, Freiberg, Schneeberg, Penig, Zwiesel etc.)

Roten Turmalin (Rubellit), (Elba, Penig).

Grünen Turmalin (ebenda).

Braunen Turmalin (Tirol, St. Gotthard).

Zuweilen wandelt sich Turmalin in Muskovit oder Chlorit um; auch Umwandlungen von Feldspat in Turmalin werden beobachtet.

Einige Turmaline rechnet man zu den Edelsteinen, die durchsichtigen (grünlichen und braunen) liefern die Platten zu Polarisationsinstrumenten.

Epidot (Pistazit) bildet monokline, säulenförmige Kristalle von dunkel- bis gelbgrüner Farbe, die gewöhnlich glasglänzend, durchsichtig oder durchscheinend sind und die H. 6 bis 7 haben. Die chemische Zusammensetzung dieses Tonerdesilikates ist verschieden. Die schönsten Kristalle findet man an der Knappenwand im Pinzgau und am Rotenkopf im Zillertal.

Nephelin, ein Aluminium-Natriumsilikat von komplizierter Zusammensetzung ist ein Gemengteil junger Eruptivgesteine (Nephelinsyenithe, Phonolithe und Basalte), kommt aber nie mit primärem Quarz zusammen vor. Während er in jüngeren Eruptivgesteinen gewöhnlich farblos ist, weist er in älteren (Eläolith, z. B. in Norwegen) grünliche oder auch rötliche Farbe auf. Makroskopisch findet er sich am Löbauer Berg in Sachsen (Basaltkegel), Katzenbuckel im Odenwald und am Vesuv. Nephelin gehört dem hexagonalen System an; vor dem Lötrohr ist er schwer schmelzbar. Wegen seines geringen Gehaltes an SiO_2 wird er von Säuren leicht zersetzt (Kieselsäureausscheidung).



Fig. 185. Lasurstein aus Sibirien.

Lasurstein (lapis lazuli, Fig. 185) ist ein Gemenge eines lasurblauen Minerals (Lasurit in Körnern auftretend) mit anderen Mineralien. In Sibirien, China, Tibet findet er sich in körnigem Kalk mit kleinen Mengen Schwefelkies. Er wird zu Ornamenten und Schmucksteinen verarbeitet.

Cordierit, Dichroit bildet rhombische Kristalle von selten guter Ausbildung. Das glasglänzende, selten farblose, meist bläulich gefärbte Mineral zeigt nach verschiedenen Richtungen verschiedene Farbe und kommt in Graniten, Quarzporphyren und anderen Eruptivgesteinen häufig makroskopisch vor. Cordierit erleidet Umwandlungen in glimmerartige Aggregate. H. 7. Fundorte: Bodenmais, Zschopautal in Sachsen, Schreiberhau in Schlesien, St. Gotthard.

Zeolithe sind kristallisierte, wasserhaltige Silikate, die als sekundäre Produkte meist in Eruptivgesteinen vorkommen. Dort treten sie auf Klüften in Pseudomorphosen nach anderen Mineralien auf. (In Hohlräumen von Basalten, Phonolithen etc.) Die meist farblos, durchsichtig bis durchscheinenden, glas- und perlmutterglänzenden Mineralien haben H. 4, sind in Salzsäure zersetzbar, schmelzen vor dem Lötrohr und sind wohl aus Labradorit, Leuzit und Nephelin entstanden. Beim Erhitzen im Glasröhrchen werden sie trübe, Wasser setzt sich in Tropfen an. Das bekannteste Mineral der Gruppe ist Natrolith. Rhombisch. Böhmisches Mittelgebirge.

Anhang.

Organische Verbindungen.

Außer den verschiedenen Kohlenarten sind zu den sogen. organischen Verbindungen noch zu rechnen: Bernstein, Asphalt und Ozokerit.

Bernstein ist ein von untergegangenen Coniferen herstammendes, fossiles Harz, das sich in den Provinzen West- und Ostpreußen (namentlich im Samlande) in einer $1^1/_5$ m mächtigen Sandschichte findet. Teils wird er aus dem Meere gefischt, teils aus der „blauen Erde", einer Bernstein führenden Sandschichte in der Ostsee gewonnen. An der Küste kann er außerdem durch Graben gefördert werden. Die hell- bis dunkelgelben, durchsichtigen (oder trüben) Stücke haben muscheligen Bruch und sind erbsen- bis faustgroß. Gerieben, wird Bernstein bekanntlich negativ elektrisch, eine Eigenschaft, die schon den Griechen, die ihn Elektron nannten, bekannt war. Bernstein verbrennt mit heller Flamme, ist in Aether löslich und liefert durch Erhitzen unter Luftabschluß die Bernsteinsäure. Bekannt ist seine Verarbeitung zu Schmuck- und Kunstgegenständen (Pfeifenspitzen). Auf Sizilien findet sich blauer und roter Bernstein. Von geringer Bedeutung ist das Vorkommen am Riesengebirge.



Fig. 186. Bernstein mit Insekten von der Ostseeküste.

Durch den Umstand, daß Bernstein als zähflüssiges Harz kleine Tiere (Fig. 186) und Pflanzenteile umschloß, sind uns interessante Zeugen der damaligen Organismenwelt erhalten geblieben.

Asphalt (Erdpech, Bitumen) ist ein Umwandlungsprodukt von Erdölen; er ist eine schwarze, fettglänzende, leicht schmelzende, mit rußender Flamme verbrennende Masse von bituminösem Geruch. Auf dem toten Meere schwimmen mitunter große Blöcke dieses Körpers und auf Trinidad findet sich ein stundenweit ausgedehntes Gebiet mit Asphalt bedeckt. In Deutschland kommt er gangförmig in Hannover (Bentheim), ferner in Bechelbronn im Elsaß und bei Münster vor.

Verwendung zu Straßenpflaster, Asphaltdächern, zu Siegellack, Fackeln, zu Firnis und dergl.

Ozokerit (Erdwachs). Diese derbe, wachsähnliche, weiche Masse besteht aus Kohlenstoff und Wasserstoff wie Petroleum und brennt mit heller Flamme. Ozokerit kann auch durch Destillation von Braunkohlen erhalten werden und findet sich hauptsächlich in Galizien (Boryslav 12 000 Schächte), Rumänien und bei Baku. Verwendung zu Kerzen und Paraffin.

Petroleum (Erdöl, Naphta) ist ein Gemenge verschiedener Kohlenwasserstoffe, das seiner Entstehung nach tierischen oder pflanzlichen Ursprungs ist. In manchen Fällen, wie z. B. da, wo es direkt aus Steinkohlenmassen ausfließt (in Gruben, Grafschaft Skrop), ist kein Zweifel über die Herkunft. Andererseits weisen bestimmte Vorkommnisse auf tierische Entstehung hin. Experimentell hat man eine an Petroleum erinnernde Flüssigkeit aus Tran (unter erhöhtem Druck) hergestellt. Auch die Ansicht, daß Petroleum durch Einwirkung von Wasser auf Metallkarbide durch hohe Temperatur entstanden sein könnte (vulkanische Gegenden), hat vieles für sich. Vorkommen: Vor allem in Pennsylvanien, Baku, Galizien, Rumänien, Persien, Braunschweig und Hannover (Peine und Lehrte), Elsaß (Bechelbronn), Tegernsee. Außer der Verwendung des Petroleums als Brenn- und Beleuchtungsmaterial kommen noch eine Menge von wichtigen Produkten, die aus demselben gewonnen werden, in Betracht, wie Benzin, Paraffin, Vaseline, Schmieröle. Verwendung zu chemischen und medizinischen Zwecken.

Uebersicht über die wichtigsten Edelsteine.

Edelsteine I. Ranges:

1. Diamant (Fig. 89).
2. Korund (Fig. 54) { Rubin (Fig. 187). Saphir (Fig. 188).
3. Beryll { Smaragd (Fig. 189). Aquamarin.
4. Chrysoberyll, selten (Borneo, Ceylon), $(Al . O_2) 2 Be$ (Fig. 190).
5. Spinell, selten (Ceylon, Ostindien). Verschiedene Farbennuancen, auch schwarz. $(Al . O_2) 2 Mg$. (Fig. 191.)
6. Topas (Fig. 184, 192, 193).
7. Zirkon oder Hyacinth (Fig. 194, 195, 196).



Fig. 187.



Fig. 188.



Fig. 190.

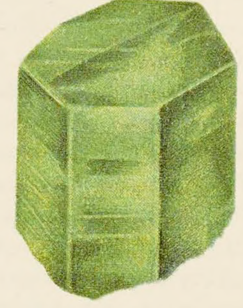


Fig. 189.



Fig. 191.



Fig. 192.



Fig. 193.

Edelsteine II. Ranges:

1. Granat { Almandin (Fig. 17). Melanit.
2. Turmalin (Fig. 197).
3. Chrysolith, edler Olivin (Fig. 182).
4. Türkis (Fig. 198).
5. Opal (Fig. 151).
6. Epidot.

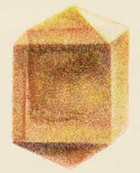


Fig. 194.





Fig. 195.

Fig. 196.

Halbedelsteine:

1. Bergkristall (Fig. 76).
2. Heliotrop.
3. Amethyst (Fig. 147).
4. Chalzedon (Fig. 149).
5. Onyx (Fig. 199).
6. Chrysopras (Fig. 200) u. a. Quarze.



Fig. 198.



Fig. 199.

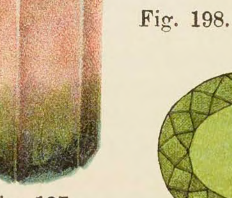


Fig. 197.

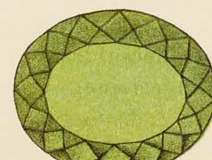


Fig. 200.

2. Teil: **Gesteinslehre.**

Ebensowenig wie die Mineralien sind auch die Gesteine unveränderliche Naturobjekte; gleich diesen sind sie physikalischen und chemischen Veränderungen unterworfen. Sie entstehen, wandern und vergehen, d. h. geben Material für Neubildungen und werden somit zu wichtigen Zeugen für die Geschichte der Erde.

Je nach ihrer Entstehung kann es sich nur um 2 Arten handeln, um Durchbruchgesteine und Absatzgesteine. Erstere sind als schmelzflüssige Masse aus der Erde hervorgebrochen und langsam erstarrt; letztere wurden allmählich durch Meer- oder Süßwasser oder durch den Wind abgesetzt und aufgeschichtet. Ursprünglich Felsen, wurden sie infolge von Zerstörung als Schutt, Sand und dergl. ein Spiel der Wellen oder Lüfte. Im Laufe der Zeit folgte sodann eine Ablagerung als Sandstein, Löß, Düne, Tuff und dergl.

Gewisse und zwar weit verbreitete Gesteinsarten, wie z. B. Gneis und kristallinische Schiefer scheinen mit keiner der oben angedeuteten Entstehungsarten etwas gemeinsam zu haben. Hoher Druck und hohe Temperatur haben an diesen uralten Massen, die im Innern der Erde eine noch weitere Verbreitung haben als an der Oberfläche, ganz besondere Eigentümlichkeiten hervorgebracht. Dadurch, daß diese Gesteine die Spuren eines ehemaligen schmelzflüssigen Zustandes, wie auch der Entstehung aus dem Wasser an sich tragen, herrschte fast bis auf den heutigen Tag große Unklarheit über deren Ursprung.

Das Gefüge oder die Struktur der Steine hängt von den das Gestein aufbauenden Teilen ab. Es gibt Gesteine, die aus dichten Massen bestehen, solche, die aus faustgroßen oder noch größeren Elementen zusammengesetzt sind (Trümmergesteine) und endlich solche, deren Bestandteile kristallinisch sind (kristallinische Gesteine).

Ihrer Entstehung nach teilt man die Gesteine in 3 Gruppen:

1. In Eruptivgesteine, die als schmelzflüssige Masse aus der Tiefe heraufdrangen und dann erstarrten (Erstarrungs- oder Durchbruchgesteine).

2. In Sedimentärgesteine, auch geschichtete Gesteine genannt, weil sie sich aus den Wässern oder der Luft chemisch oder mechanisch abgesetzt haben.

3. In kristallinische Schiefergesteine.

In bezug auf die Bestandteile der Gesteine unterscheidet man wesentliche oder Hauptgemengteile, also solche, die zur Konstituierung unbedingt notwendig sind und zufällige (akzessorische) oder Nebengemengteile. Letztere können auch fehlen, sie können andrerseits durch ihr häufiges Auftreten für manches Gestein charakteristisch werden, wie z. B. das Vorkommen von Granat in fast allen Glimmerschiefern.

Gesteine sind massige oder lockere Aggregate von Individuen, welche gewöhnlich verschiedenen, seltener einer Art von Mineralien angehören und einen wesentlichen Bestandteil unserer Erdkruste darstellen.

Die Beschaffenheit der Gesteine ist von größter Bedeutung für die Pflanzenwelt. Vor allem kommt es darauf an, wie der Boden verwittert, ob schwer oder leicht; ferner kommt in Betracht, ob die Erddecke, das ist die Zersetzungsdecke, dem Gestein dicht anliegt, oder ob sie sich leicht abhebt. Eine besonders dichte Anlagerung ist bei Granit, sowie bei allen feldspathaltigen Gesteinen zu verzeichnen; dagegen trifft das glatte Auflagern bei löslichen Gesteinen wie Kalk zu. Hier kann die Humusdecke ganz glatt abgehoben werden. Die tonig sandige Schichte des Granit- und Schieferbodens, die sich dicht an das Gestein anlagert, bringt der Pflanzenwelt große Vorteile entgegen, hingegen eignet sich der Kalkboden (Karst) durch den Umstand, daß das Wasser die kleinsten Partikelchen mit fortnimmt, und daß er nicht zu Sand verwittert, für die Pflanzen weit weniger. Beim Granit und Schieferboden können die Pflanzen ihre Wurzeln tief hinabsenken, hier ist das unmöglich. Undurchlässige Verwitterungsprodukte, wie jene der Grauwacke (die übrigens auch eine undichte Erdschichte bedingt), haben ebenfalls Unfruchtbarkeit zur Folge (Eifel).

Solche Gebiete, die eine besonders reichhaltige geologische Zusammensetzung haben (Kyffhäuser), zeigen auch eine große Abwechslung in der Vegetation.

Wie sehr das Gedeihen der Pflanzenwelt von den verschiedenen Verwitterungs- und Zersetzungsprodukten abhängig ist, das zeigt uns ein Blick auf die verschiedenen Bodenarten und deren physikalisches und chemisches Verhalten.

Ton zieht bekanntlich Feuchtigkeit an, trocknet schwer und gilt deshalb als nasser und kalter Boden. Ferner ist er für die Pflanzenwürzelchen undurchdringlich. Zu diesen für die Flora nicht günstigen Eigenschaften kommt noch eine weitere, seine

Helligkeit. Dunkler Boden nimmt, wie uns die Physik lehrt, die Licht- und Wärmestrahlen auf und ist daher wärmer als heller. Andererseits jedoch ist zu bedenken, daß er imstande ist, Kohlensäure zu absorbieren und eine Reihe von mineralischen Salzen, die für die Pflanze unentbehrlich sind, festzuhalten und sie ihr darzubieten. Bekanntlich erfolgt deren Aufnahme in löslicher Form durch die Wurzeln.

Um den Pflanzen ein guter Nährboden zu sein, muß der Tonboden zu Lehm werden. Das geschieht auf die Weise, daß er sich mit Sand mischt. Allerdings muß zu diesem Zwecke die Tonsubstanz vorerst dazu präpariert sein. Sie muß in dem Maße gelöste Kieselsäure aufgesaugt haben, daß sich dieselbe nach dem Verdunsten des Wassers in feinsten Körnchen selbst mit den kleinsten Tonteilchen vermischen kann. Hierauf kann mit Erfolg die Mischung mit Sand eintreten, und die neue Bodenart, locker, porös, zerbröckelnd, durchlässig, nicht so naß wie Ton, hält eine Fülle von guten Eigenschaften für die Pflanzenwelt bereit.

S a n d boden ist durchlässig, locker, dürr und gehört zu den unfruchtbarsten Bodenarten.

M e r g e l, eine Mischung von Ton und Kalk, vereinigt auch die Eigenschaften der beiden Erden. Die Wärmeaufnahme ist groß, der Boden warm.

Alle diese Bodenarten können nur insoweit die Träger der Vegetation sein, als sie mit Humus gemengt sind. Diese bräunlichschwarze Masse, das Endprodukt des Gärungs-, Fäulnis- und Verwesungsprozesses von Pflanzen und Tieren, fehlt keiner Ackererde und tritt überall auf, wo Organismen und Gesteine verwittern. Seine Dichte kann von wenig Zentimetern bis zu $1\frac{1}{2}$ m anwachsen, wie das z. B. in den Urwäldern der Fall ist.

Wir haben es hier mit organischer Verwitterung zu tun, welche stets mit der chemischen Hand in Hand geht. Sie besteht darin, daß durch die Ausscheidung von Säuren aus den Wurzeln verschiedene Substanzen, die von den Atmosphärilien selbst nicht gelöst werden, eine Zerstörung erleiden. Vorbereitet, zerkleinert und verwittert wurde die Ackerkrumme durch den Jahreszeitenwechsel. Die Wurzeln sodann wirken chemisch auf den Boden ein und entziehen ihm vor allem Kali, Kalk und Phosphorsäure. Die Lösung erfolgt durch die Humussäure (Humus und Sauerstoff) und die humussauren Salze (Salze der Humussäure). Indem nun Humus nicht nur alle Salze enthält, die die abgestorbene Pflanze der Erde zurückgibt, sondern auch noch den Kohlenstoff der Pflanze bekommt, ferner imstande ist, bis 80 %

des fallenden Wassers und eine Menge von Gasen aufzunehmen, wird er durch das innige Gemisch mit nährstoffreichem Ton zur wichtigsten Bodenart.

Als erste Humusbildner können die Flechten (Algen) angesehen werden. Sie fehlen an keinem Gestein, keiner Lava. Auf sie folgen Moose, Lebermoose, Farnkräuter, Bärlappe oder auch Gräser, jede höhere Stufe von dem Untergang der niederen lebend, bis sich endlich ein üppiger Pflanzenteppich auf zerstörtem Gestein ausbreitet.

Ueber die Ursachen, welche die Verwitterung der einzelnen Gesteine bestimmen, ist man noch nicht orientiert. Geringfügige Veränderungen in der Zusammensetzung bedingen, daß ein Gestein leichter zersetzt wird als ein anderes.

I. Eruptivgesteine.

Alle Eruptivgesteine (erumpere = hervorbrechen) kommen in glutflüssigem Zustande als sogen. Magma aus dem Innern der Erde. Ein Teil dieser Massen drang bis zur Oberfläche der Erde, andere Schmelzflüsse fanden unüberwindliche Hindernisse und mußten sich innerhalb der Panzerdecke verfestigen. Sie benützten verschiedene Klüfte, die sie gewaltsam erweiterten und veranlaßten dadurch gewaltige Zerstörungen und Umbildungen. Diese Schmelzflüsse sind mit Wasser gesättigt, welches sie nicht erst an der Oberfläche, sondern schon auf dem Wege zu dieser angenommen, folglich aus der Tiefe mitgebracht haben. Nicht nur die heutigen Vulkanausbrüche, die große Mengen von Wasserdampf fördern, auch andere Tatsachen, wie z. B. Flüssigkeitseinschlüsse in verschiedenen Gemengteilen, und der bis zu 8 % betragende Wassergehalt des rasch erstarrten Pechsteins liefern hiefür Beweise.

Außer den Wasserdämpfen sind es noch Gase, wie Schwefelwasserstoff, schweflige Säure, Chlorwasserstoffsäure, Kohlensäure etc., die dem Magma beigegeben sind. Man nennt diese gasförmigen Stoffe Mineralbildner. Die Reihenfolge der Ausscheidung der einzelnen Mineralien erfolgt nach bestimmten Gesetzen.

Ein und dieselbe Schmelzflußmasse konnte zu verschiedenen Gesteinen Anlaß geben, je nachdem sie die Oberfläche erreichte oder nicht. Ist ersteres der Fall, dann entweichen die Liquida, die Lava bläht sich auf oder zerspratzt, und es entstehen porös glasige, porphyre Gesteine. Im andern Falle findet ein Erkalten unter hohem

Druck statt, so daß eine gleichmäßige Erstarrung eintritt. Die an die Oberfläche gedrungenen Eruptivgesteine nennt man auch vulkanische, die andern plutonische oder Tiefengesteine.

Altersunterschiede zwischen beiden Arten bestehen nicht. Dadurch, daß die plutonischen erst nach und nach (durch die Wirkungen des Wassers, Erosion) zutage treten, ist man geneigt, ihnen ein höheres Alter zuzuschreiben. Auch heute noch gehen beide Bildungsarten vor sich. Gewöhnlich hält man den Granit für ein uraltes Gestein, jedoch gibt es, wie erwiesen, z. B. im Hochgebirge und in den Anden geologisch junge (tertiäre) Granite.

Die im glutflüssigen Zustande aus der Tiefe dringenden Eruptivgesteine üben auf die Nebengesteine eine umgestaltende (metamorphosierende) Einwirkung aus, die man gewöhnlich mit Kontaktmetamorphose bezeichnet. (Vergl. Seite 97!)

Diese Einwirkungen können verschiedenster Natur sein und sich als Verglasung, Verkohlung (Umwandlung von Braunkohle in Steinkohle und diese in Graphit), Umkristallisierung, Frittung des Nebengesteins bemerkbar machen. Durch den gewaltigen Druck werden Gase in die Poren der Nebengesteine gepreßt, um diese zu durchdringen und dort mineralbildend zu wirken. Kein Gestein, mag die Verbandsfestigkeit eine noch so große sein, kann den Wirkungen, vor allem der Durchdringung von Mineralbildnern, widerstehen (Zinnstein im Erzgebirge). Und so entstehen Ausscheidungen wie solche von Hornblende, Augit, Topas, Turmalin, Rutil, Flußspat etc. Brauneisenablagerungen werden zu Magnetit, toniges Mineral in Kalk eingelagert vereinigt sich zu Granat. Auf die Umwandlung von Kalkspat in Marmor durch Kontaktmetamorphose wurde bereits früher hingewiesen. Grauwacken und Sandsteine werden mehr oder minder zu Glas (Eifel) geschmolzen; Tone und Mergel werden zu glänzenden oder roten Massen gebrannt. Hauptbestandteile aller Eruptivgesteine sind: Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Eisenoxydul, Kalk, Magneteisen, Kalium und Natrium.

Granit.

Granit ist ein weit verbreitetes, grob oder feinkörniges Tiefengestein, bestehend aus Feldspat, Quarz und Glimmer. Quarz zeigt sich in rundlichen Körnern oder eckigen Partikelchen und unterscheidet sich durch die lichtgraue Farbe und den Glasglanz von den meist rötlich gefärbten Kristallkörnern oder Karlsbader Zwillingen des Kalifeldspates. Erreichen die Feldspatteilchen eine Ausdehnung von einigen Zentimetern, dann hat der Granit ein porphyrartiges

Aussehen; die Glimmer kommen entweder als weiße Muskovite oder als dunkle Biotite oder Lithioneisenglimmer vor.

Außer diesen Gemengteilen kann das Gestein noch Hornblende, Cordierit, Turmalin, Apatit, Zirkon, Pyrit, Hämatit und Magneteisen enthalten.

Die Korngröße des Granites unterliegt verschiedenen Schwan-



Fig. 201. Granitgruppe an der oberen Spree (bei Bautzen).

kungen, und man unterscheidet mit Berücksichtigung derselben grob-, mittel- und feinkörnigen Granit.

Granit bildet das Grundgebirge großer Landstrecken. Wir finden ihn in den Alpen, im Riesengebirge, Fichtelgebirge, Böhmerwald, Erzgebirge, im Schwarzwald u. s. w. Außer den größeren Massivs bildet Granit Stöcke, Lager und Gänge. In letzteren kommt es oft zu ganz besonderen Ausbildungen, die sich in der auffallenden Größe der Gemengteile, namentlich des Feldspates, zeigen (Granulit-

gebiet in Sachsen, Pisek in Böhmen, Zwiesel im bayrischen Walde). Die rein körnig beschaffenen Pegmatite (pegma = Schriftzeichen, der Feldspat wird von Quarz stengelig durchwachsen) führen in Gängen einen besonderen Reichtum an Mineralien wie Topas, Apatit, Flußspat, Turmalin etc.

Der Kieselsäuregehalt des Granits kann über 70 % betragen, jener des Aluminiumoxyds über 12 %, Kaliumoxyd macht gewöhnlich etwa 6 % und Eisenoxyd bis zu 4 % aus.

Die Verwitterung ergreift die oberflächlichen Partien und macht sich dadurch bemerkbar, daß sich das Gestein bräunt und lockert. Absonderung und Klüftung zeigen sich an jenen Felsmauern, die an die Oberfläche treten; je weiter man in die Tiefe kommt, desto seltener treten sie auf, um schließlich ganz zu verschwinden. Wahrscheinlich ist die Ursache der Sprünge in der Struktur des Gesteins und zwar in Parallellagerung von Glimmerplättchen zu suchen, die der physikalischen Verwitterung treffliche Angriffspunkte bieten. Das Zerfallen des Granits in vieleckige Quader zeigt uns Fig. 201.

An diesen sowohl wie an den großen Quadern betätigt sich die chemische (und organische) Verwitterung, bis das Gestein zu Lehm, dem letzten bleibenden Rückstand, geworden ist.

Eine häufige Erscheinung sind die sogen. Felsenmeere (Wollsäcke), d. s. Blöcke, mit denen manche Granitberge besät sind.

Gebrauch: Granit wird hauptsächlich als Straßenbaumaterial und zu Brückenbauten verwendet; die schön gefärbten Varietäten jedoch zu Prachtbauten, Säulen und dergl. Der 33 m hohe Obelisk von Luxor auf dem Konkordienplatz zu Paris besteht aus rotem Granit, die Friedenssäule in Berlin aus einem 8 m hohen eratischen Block der Mark.

Quarzporphyr.

Hauptbestandteile: Quarz und Orthoklas.

Wichtige akzessorische Bestandteile: Plagioklas, Glimmer, Hornblende, Augit, Magnesit.

Tonerde 12 bis 14 %, Kali 7 bis 9 %, Kieselsäure 74 %.

Die rötliche oder braune, auch graue, bald splitterige und harte, bald matte, rauhe und lockere Grundmasse, in der einzelne Kristalle eingelagert sind, tritt in Deutschland verschiedentlich auf und bildet meist steil-kegelförmige Kuppen. Thüringer Wald, Odenwald, am Südrand des Harzes, im erzgebirgischen Becken, in der Gegend von Leipzig, Halle, Zwickau, Tharandt, Meissen, Schlesien. Bei Bozen und Schönau (Schlesien) repräsentiert er sich in säulenförmigen Absonderungen. Seine Verwitterungsprodukte sind fruchtbare Tone und Porzellan (Meißen).

Anwendung: Zu Bau-, Pflaster-, Mühl- und Schleifsteinen, aber auch zu Säulen, Vasen und Schalen. Arten: Feldstein-, Tonstein- und Tonporphyre.

Syenit (nach der Stadt Syene in Aegypten).

Wesentliche Bestandteile: Orthoklas, Hornblende.

Nebenbestandteile: Plagioklas, Biotit, Magnetit, Titanit.

Kieselsäure bis zu 60 %, Tonerde 17 %.

Hinsichtlich der Lagerungsformen und Kontaktwirkungen stimmt Syenit mit Granit überein und geht bisweilen in denselben über. Auch seine Verwendung ist dieselbe.

Vorkommen: Bei Meißen, im Plauenschen Grunde bei Dresden, an verschiedenen Stellen des Lausitzergebirges, Thüringen, Schwarzwald.

Trachyt (trachys = rauh) gleicht in seiner Zusammensetzung dem Syenit und ist eine hellgraue, poröse, sich rauh anfühlende Masse, in der sich 5 bis 6 cm große glänzende Sanidinkristalle (Feldspat) finden.

Trachyt kommt häufig vor und bildet Gebirge und Bergkegel. Siebengebirg (Drachenfels), Laacher See, Ober-Ungern, Auvergne, Kanarische Inseln. Dient als Baumaterial (Kölner Dom), als Pflaster- und Mühlstein.

Phonolith (phone = Klang), Klingstein, ein jung-vulkanisches Gestein von dunkelgrüner, grauer oder bräunlicher Farbe. Die dünnen Platten, in die er zerbricht, geben beim Anschlagen einen hellen Ton.

Wesentliche Bestandteile: Sanidin, Nephelin.

Wichtige Nebenbestandteile: Leuzit, Augit, Hornblende, Biotit, Magnesit.

Kieselsäure gegen 58 %, Tonerde 21 %.

Phonolith bildet Kuppen und Dome im Westerwald, in der Rhön (Milseburg), Lausitz (Lausche, Kothmar), in Nordböhmen (Milleschauer), am Laacher See, Oberwiesental im Erzgebirge. Er wird als Baustein verwendet.

Diorit. Wesentliche Bestandteile: Plagioklas, Hornblende. (Die vorhergehenden Gesteine werden auch Orthoklasgesteine genannt).

Akzessorische Bestandteile: Glimmer, Quarz, Augit, Apatit.

Kieselsäure 50 %.

Diorit bildet entweder selbständige Gänge und Stöcke oder tritt mit Graniten und Syeniten auf. (Thüringer Wald, Kyffhäuser, Roßtrappe, Odenwald, Nassau, Vogesen, Lausitz, Erzgebirg, Sudeten u. s. w.)

Gabbro (italienischer Name), ein grünlich-körniges Gemenge aus Plagioklas und Diallag (ein Pyroxen) mit den unwesentlichen Bestandteilen Olivin, Magnetit, findet sich im Harz (Radautal), am Zobten, bei Roßwein und Penig in Sachsen, bei Neurode in Schlesien.

Verwendung zu Pflastermaterial.

Kieselsäure 50 %, Tonerde 20 %, Eisenoxydul 7 %.

Diabas ist ein grob- bis feinkörniges, grünliches oder graugrünes Gemenge aus Plagioklas und Augit nebst den akzessorischen Bestandteilen Magnetit, Apatit, Titanit, Olivin und Orthoklas.

Kieselsäure 50 %, Tonerde 17 %, Eisen 12 %.

Diabas bildet Gänge und Lager z. B. im Vogtlande, in der Laussitz, im Harz, Frankenwald und Fichtelgebirge, in der Lahn-, Nahe- und Saargegend, in Niederschlesien.

Verwendung: Als Bau- und Straßenstein, außerdem zu Zierbauten und Denkmälern (die drei letztgenannten Gesteine nannte man früher Grünstein).

Melaphyr. Wesentliche Bestandteile: Plagioklas, Augit.

Nebenbestandteile: Olivin, Magnetit, Apatit.

Kieselsäure 52 %, Tonerde gegen 20 %, Eisenverbindungen und Kalkerde je 9 %.

Melaphyr ist ein bräunlich oder grünlichschwarzes Gestein, das bei eintretender Verwitterung erdig wird und mit Säuren (Karbonatbildung) aufbraust. Die dem Gestein charakteristischen Blasenräume (Mandelsteine, zwischen Hirsekorn und Kopfgröße schwankend) sind mit Kalkspat oder Produkten der Kieselsäure erfüllt (Achat, Chalzedon, Amethyst).

Melaphyr bildet Decken, Gänge und Lager, so z. B. in Illfeld am Harz, Zwickau in Sachsen, im Thüringer Wald, in Oberstein a. d. Nahe. (Hier werden auch die Achateinschlüsse verschliffen.)

Verwendung als Straßen- und Baumaterial.

Basalt.

Die Familie der Basalte besteht aus schwarzem, dichtem Gesteine und gliedert sich nach der chemischen Beschaffenheit der

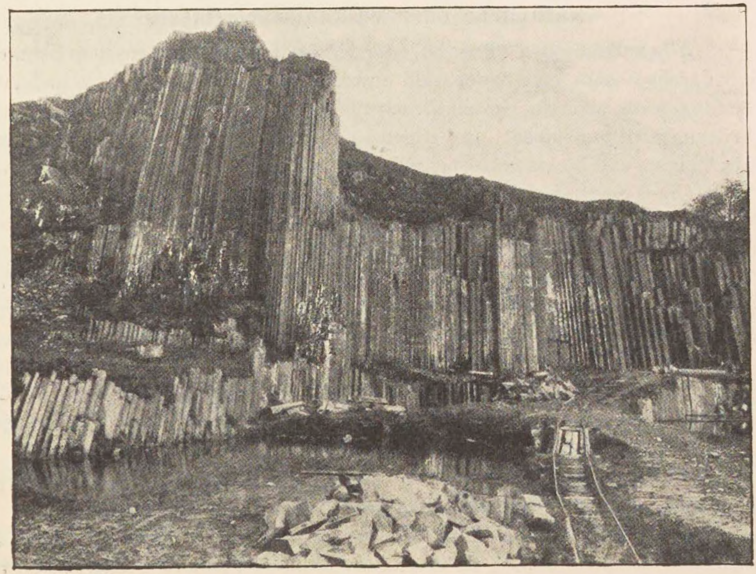


Fig. 202. Partie eines nordböhmischen Basaltberges (Herrenberg).

Gemengteile in verschiedene Arten, von denen folgende erwähnt seien:

1. Feldspatbasalt, bestehend aus Plagioklas, Augit, Olivin und Magneteisen. Vorkommen: Eifel, Siebengebirg, Rhön, Lausitz, Vogelsberg (größter Basalterguß in Mitteleuropa).

2. Nephelinbasalt mit den Hauptbestandteilen Nephelin, Augit und Olivin. Diese Art kommt vor im Odenwald, Erzgebirge, in der Rhön und Lausitz.

3. Leuzitbasalt aus Leuzit, Augit und Olivin bestehend. Eifel, Erzgebirg.

Als unwesentliche Bestandteile finden sich: Hornblende, Biotit und Titanit.

Grobkörniger Basalt heißt Dolerit (Meißner in Hessen). Nephelindolerit (Löbauer Berg). Basalt tritt häufig in Plattenform, auch in Säulen auf (Fig. 202), welch letztere oft 4 bis 7 Seiten aufweisen, eine deutliche Gliederung zeigen und eine Länge von 100 m und eine Dicke von 6 bis 7 m erreichen können. Bekannt ist die Fingalshöhle auf der Insel Staffa durch die herrlichen Basaltsäulen.

Wie Phonolith bildet Basalt nicht selten Kuppen. Die Kegelform erklärt sich durch Ueberfließen der Ergußmasse. Basalt liefert gutes Straßenbaumaterial.

Natürliche oder vulkanische Gläser.

Alle vulkanischen Gläser haben eine rasche Erstarrung aus dem Schmelzfluß durchgemacht und finden sich sowohl oberflächlich in Laven und Auswürflingen als auch in Gesteinsbruchstücken, die eine teilweise Schmelzung (Frittung) erlitten haben. Im allgemeinen sind die Gläser kieselsäurereiche Mischungen und kommen vornehmlich in Trachyten und Quarzporphyren vor.

Die wasserfreien Gläser nennt man Obsidiane, die wasserhaltigen Pechsteine. Salzsäure beeinflußt sie wenig, dagegen werden sie von Flußsäure und den Atmosphärilien leicht angegriffen.

Obsidian ist eine schwarze, braune oder grüne, glänzende Masse von muscheligem Bruch und mikroskopischen Einschlüssen. Er kommt im Trachyt und Phonolith Islands und in Mexiko vor, wo man ihn zur Anfertigung von Waffen benützte. Durch Erhitzen bläht er sich auf, wird schwammig, porös und verwandelt sich in **Bimsstein.** Dieses übrigens häufig als Begleitung des Obsidians vorkommende Mineral findet sich u. a. am Laacher See. Er dient zum Polieren und Schleifen.

Pechstein hat verschiedene Färbung, ist pechglänzend, hat Fettglanz und einen unebenen, auch muscheligen Bruch und ist besonders reich an mikrolithischen Gebilden. Hinsichtlich seiner Verbreitung ist namentlich das Porphyrgebiet von Meißen zu erwähnen. Andere Fundorte: Tharandt, Freiberg, Leisnig, Zwickau, Chemnitz, Südtirol (Auer), Lugano.

Mit dem Namen **Lava** bezeichnet man alles Gesteinsmaterial, das schmelzflüssig aus den Vulkanen hervordringt und zu schlackigen Massen erstarrt. In Farbe und Zusammensetzung erinnern sie bald an Basalt, bald an Trachyt (Basalt- und Trachytlava). Die am Laacher See vorkommende Lava wird als Bau- und Mühlstein verwendet.

II. Die Sedimentärgesteine (sedere = sich setzen)

breiten sich über den größten Teil der Erde aus. Ihnen gegenüber bilden die nackt zu Tage liegenden Gesteine nur Inseln. Man hat berechnet, daß Latrit allein 25 %, Löß 21 %, Lehm 18 %, Sand 7 % der Erdoberfläche bedecken.

Sie weisen im Gegensatz zu den Eruptivgesteinen eine Schichtung von mitunter ganz verschiedenartigen Lagern und Bänken auf, eine Wechsellagerung, die auf ein allmählich entstandenes Absetzen hindeutet.

So wechsellagert z. B. Sandstein mit Tonschiefer, Mergel, Kalkstein und Steinkohlenflözen.

Die Sedimentärgesteine sind mechanischen, chemischen oder organischen Ursprungs.

Da der chemischen Ablagerungen und auch der organogenen Wirkungen bereits schon früher (Raseneisenstein, Kieselsinter, Steinsalz, Gips, Humus) Erwähnung getan wurde und ferner von der Wiederablagerung mechanisch zerstörter Gesteine des öfteren die Rede war (Quarz, Feldspat), so sollen in Nachstehendem nur noch die morphologischen Merkmale der auf mechanischem Wege zustande gekommenen Sedimente hervorgehoben werden. Man nennt diese, da sie aus Trümmern hervorgegangen sind, Trümmergesteine (klastische Gesteine).

Der **Sand** besteht der Hauptsache nach aus Quarzkörnchen. Dazu kommen Beimengungen von Feldspat, Hornblende, Glimmerschüppchen, Augit, Olivin, Magneteisenstein, Zirkon etc. Sind die Sandteilchen durch Ton oder Kalk zu erbsengroßen Körnern verbunden, dann spricht man von **Kies.**

Schotter ist grober, mit großen Geröllen (gerundete Gesteinsbruchstücke) gemischter Kies. Eckige Gesteinsbruchstücke nennt man **Grus.**

Konglomerate entstehen dadurch, daß abgerundete Rollstücke gleichartiger oder verschiedenartiger Gesteine durch ein Bindemittel fest vereinigt werden (Nagelflue, Puddingstein).

Breccien bestehen aus verkitteten, eckigen Bruchstücken.

Sandstein ist aus Quarzkörnern gebildet, welche durch die mechanische Tätigkeit des Wassers mehr oder minder zerkleinert, durch großen Druck zusammengepreßt und durch tonige oder kalkige Bestandteile verbunden sind. Die Farbe ist in diesem Falle hell, grau oder weiß. Eisenschüssiges Zement färbt braun, kohlige Substanz schwarz.

Charakteristisch für Sandstein ist seine Zerklüftung (sächsische Schweiz). Außer der horizontalen Gliederung, die auf die Schichtung zurückzuführen ist, ist noch eine vertikale zu verzeichnen. Dadurch ergeben sich die sogen. Quadern. Mit dem Zurücktreten des Bindemittels löst sich der Sandstein in losen Sand auf.

Gebrauch: Sandstein ist ein wichtiger Baustein und wird außerdem als Mühl- und Schleifstein verwendet.

Grauwacke ist ein alter, dunkelgrauer Sandstein mit den Hauptbestandteilen Quarz und Feldspat. Dazu kommen Glimmerschüppchen, Hornblende, Augit- und Granatkörner, Bruchstücke von Ton, Kieselschiefer und Quarzit. Die dunkle Farbe wird durch fein verteilte Kohlenteilchen bedingt.

Mit **Grauwackenschiefer** bezeichnet man die feinkörnigen schiefrigen Arten. Grauwackengesteine finden sich in Thüringen, Böhmen, Westfalen und im Vogtland.

Ton.

Gewöhnlicher Ton ist eine erdige, zerreibliche, an der Zunge klebende Masse von heller Farbe (weißer, grauer oder brauner), die angefeuchtet plastisch wird. Stets sind Spuren von Kalzium- und Magnesiumkarbonat, sowie von mehr oder weniger Eisenhydroxyd (Farbe) vorhanden. In unzersetztem Ton finden sich Kalium- und Natriumverbindungen (Feldspat) und mikroskopische Kristalle anderer Mineralien (Zirkon) vor. Tongesteine sind: Kaolin, Ton, Lehm, Löß, Mergel, Schieferton, Tonschiefer (Dach- und Griffelschiefer etc).

In gewaltigen Lagern begegnen wir Ton in Norddeutschland, im Rhein- und Donautale, in Oberschlesien und Polen.

Kaolinisierung nennt man jenen Zersetzungsvorgang, der zu einem weißen Tonerdesilikat führt. Dieselbe tritt z. B. an verschiedenen Graniten in Form von Flecken auf und wirkt zunächst auf Feldspat ein. Verschiedene Eigenschaften, wie Spaltbarkeit, Härte, Farbe gehen bei diesem Vorgang verloren, und der Kalk- und Alkaligehalt wird entfernt; Wasser dagegen wird neu aufgenommen. Diese Prozesse spielen sich in bedeutender Tiefe ab. Das Endprodukt ist Kaolin oder Porzellanerde. Im Gegensatz zu Tonerde ist Kaolin

für die Pflanzen ohne jede Bedeutung, denn diese können ohne Alkalien (und zwar Kalium) nicht leben.

Große Kaolinlager finden sich bei Karlsbad, Schneeberg, auf Bornholm — aus Granit hervorgegangen — bei Altenburg — aus Porphyr — und Meißen — aus Pechstein — entstanden. Kaolin läßt in seinen weißen, feinen, monoklinen Teilchen unter dem Mikroskop sechseckige Kristallschüppchen erkennen. Die Zusammensetzung ist größeren Schwankungen unterworfen, doch kann man im allgemeinen die Formel $Si_2O_9Al_2H_4$ aufstellen.

Porzellan wurde schon einige Jahrhunderte vor Christi von den Chinesen hergestellt, ums Jahr 1500 von den Portugiesen nach Europa gebracht und von Böttger (1709) aus Meißner Kaolin für Europa neu erfunden. Zur Herstellung von Porzellangefäßen sind außer Porzellanerde eine Reihe von Flußmitteln wie Feldspat, Quarz, und Gips notwendig, denn die Porzellanerde würde der Glühhitze widerstehen. Durch das Schmelzen wird die ganze Kaolinmasse von den Zusätzen vollständig durchdrungen, sie wird durch und durch glasig und durchscheinend.

Mergel, ein Gemisch von Ton und Kalk (60 % Ton), mit Quarz und Glimmerschüppchen durchsetzt und durch Eisenteilchen gefärbt, findet sich nicht selten schiefrig. Durch Anhauchen ist ein eigenartiger, an Ton erinnernder Geruch wahrzunehmen, durch Uebergießen mit Salzsäure braust er auf. Er findet sich mitunter in einer Mächtigkeit von 50 m zwischen dem Nordrand der deutschen Mittelgebirge und den Küsten der Nord- und Ostsee. An dem Zustandekommen des Mergels waren, wie an den Sand- und Lehmablagerungen Norddeutschlands, die Gletscher hervorragend beteiligt.

Lehm ist ein durch Quarzsand und Eisenoxydhydrat verunreinigter Ton.

Die reinste Varietät des Tones heißt **Töpferton.** Er ist hellfarbig oder gewöhnlich durch Eisen gelbbräunlich gefärbt. Schon die alten Aegypter und andere Völker des Altertums bedienten sich der Tongeschirre.

Der Prozeß der Herstellung ist etwa folgender:

Die formulierten Gefäße werden getrocknet und im Ofen gebrannt. Dadurch verliert der Ton Wasser und bekommt durch das Zusammenschmelzen der Teilchen Festigkeit, jedoch ist er noch nicht wasserdicht. Um die Poren zu verstopfen, versieht man die Gefäße mit einer Glasur und bedient sich zu diesem Zwecke am besten des Steinsalzes, des Borax oder der Bleiglätte, welche Salze mit dem Ton Verbindungen eingehen.

Gebrauch: Ton wird als Pfeifenton, zu feuerfesten Ziegeln und zum Modellieren verwendet. Lehm zu Ziegeln und Lehmwänden verarbeitet.

Löß (von los, locker) ist feiner gelber Staub, aus Quarz und Kalkteilchen bestehend, die mit Ton zu einer lockeren Masse gemengt wurden. Durch den Umstand, daß er von feinen, verkalkten Röhrchen (von Wurzelfasern herrührend) durchzogen wird und durch die weitere Tatsache, daß er beträchtliche Wassermengen aufnimmt und festhält, ist er eine fruchtbare Bodenart. Bei uns findet er sich am Oberrhein und am Südrand der norddeutschen Tiefebene mitunter bis zu 20 m Mächtigkeit. Weit größer ist seine Ausdehnung in Rußland und vor allem in China, wo er 500 m mächtige Ablagerungen bildet.

Seine Entstehung verdankt er teils der Arbeit des (festen und flüssigen) Wassers, welches das ursprüngliche Gestein zu Körnern zerkleinerte, teils aber dem Wind, der sich des Sands bemächtigte und ihn über weite Gebiete trug.

Latrite sind mächtige Tonablagerungen von ziegelroter Farbe in Südafrika, Südamerika und Vorderindien. Die eisenschüssigen, tonigen Massen gehen mitunter erst bei einer Tiefe von 30 m in unzersetztes Gestein über.

Tonschiefer. Dieses schiefrige, harte Tongestein, dessen dunkle Farbe durch kohlige Substanz verursacht wurde, unterscheidet sich von Urtonschiefer durch den Mangel einer kristallinischen Struktur. Charakteristisch ist sodann, daß Schichtung und Schieferung nicht parallel gehen. Zu den mikroskopischen Bestandteilen des Gesteins gehören: Quarzteilchen, Glimmerschüppchen, Rutilnädelchen, Magneteisensteinkörnchen und kohlige Substanzen. Schwefelkies, der nicht selten eingesprengt vorkommt, leitet häufig durch eine Umwandlung in Eisenvitriol die Verwitterung des Gesteins ein.

Tonschiefer wird durch Aufnahme von Quarzen und anderen Gesteinstrümmern der Grauwacke, dem Grauwackenschiefer ähnlich und erlangt wie dieser mächtige Ausdehnung (rheinisches Schiefergebirge). Dem wasserbeständigen Dachschiefer, welcher eben spaltet, fehlt Schwefelkies. Griffelschiefer läßt sich in dünnstengelige Stückchen teilen.

Schieferton ist ein mehr oder weniger schiefriges, dunkles Tongestein, das sich an der Luft nach und nach in Tonschlamm verwandelt. Besonders reich an Pflanzenabdrücken ist namentlich jener, der die Steinkohlenflöze einschließt und Kohlenschiefer genannt wird.

Tuffe sind vulkanischen Ursprungs. Die durch Vulkanausbrüche zerstörten Aschen und Sande fallen entweder an Ort und Stelle nieder oder werden vom Wind weiter fortgetragen, mitunter durch Wasser zusammengeschwemmt, geschichtet und zu sogen. Tuff verfestigt.

Porphyrtuff, ein erdiges, häufig rotgefärbtes Gestein, findet sich z. B. in einer 50 bis 80 m mächtigen Anhäufung bei Chemnitz und Rochlitz, im

Odenwald, Thüringer Wald, und Unterelsaß (Einschlüsse von Coniferenstämmen). Verwendung zu Treppensteinen und Simssteinen.

Diabastuff, schmutziggrün, mit organischen Einlagerungen, im Vogtland und Oberfranken, am Harz, in Westfalen.

Bimssteintuff, grau, erdig; bei Schemnitz in Ungarn, am Laacher See, in mächtigen Ablagerungen als Traß. (Zur Herstellung von hydraulischem Mörtel verwendet.) Basalttuff in der Rhön, in Nordböhmen.

III. Kristallinische Schiefergesteine.

Verfolgt man die geologischen Formationen nach abwärts, so gelangt man zu einer Schichte, die durch den kristallinischen Charakter der Gesteine sowie durch die nur spärlichen Versteinerungsreste auffällt.

Man spricht von einem Grundgebirge, das sich in eine Gneis-, Glimmer- und Phyllitformation gliedert und einen großen Teil der festen Erdrinde bildet.

Entweder sind diese Schichten von den angrenzenden ältesten, fossilführenden total verschieden, oder es gehen die kristallinischen Typen allmählich in nicht kristallinische über.

Ueber die Entstehung dieser Gesteine herrschen verschiedene Ansichten. Wahrscheinlich ist, daß dieselbe zum Teil eruptiv, zum Teil sedimentär ist. Gebirgsdruck und Erdwärme haben sie mehr oder weniger umkristallisiert.

Gneis.

Er besteht aus denselben Gemengteilen wie Granit, unterscheidet sich jedoch von diesem in der Struktur.

Besonders mächtige Schichtensysteme bildet er im bayrischen Wald, im Böhmer Wald, im Erzgebirge, im Fichtelgebirge, Riesengebirge, den Zentralalpen und im Schwarzwald. Die Farbe des Gesteins ist zum Teil durch den Glimmer, zum Teil durch den Orthoklas bedingt. Schwarzer Magnesiaglimmer färbt ihn dunkel, durch die helle Farbe des Orthoklas wird er grau oder rot.

Gneis liefert durch Verwitterung, die übrigens schneller als bei Granit eintritt, braunen, tonig-sandigen Boden.

Von Gneis existieren eine Menge Abarten, von denen hier nur der Epidot-, Hornblende- und Pyroxengneis erwähnt seien.

Granulit ist dem Gneis verwandt und besteht aus Orthoklas, Quarz und kleinen Granaten (in Sachsen zwischen Glauchau und Roßwein).

Gneis wird zu grobem Mauerwerk verwendet.

Glimmerschiefer. Hauptbestandteile: Glimmer und Quarz. Die Farbe des Gesteins ist von der Glimmerart, die sich am Aufbau beteiligt, abhängig.

Nebenbestandteile: Granat, Turmalin, Feldspat, Amphibol, Eisenkies, Apatit, Graphit.

Vorkommen: Hohe Tauern, Tiroler Alpen, Sudeten, Erzgebirg, Fichtelgebirg, Böhmerwald, Spessart, Odenwald, woselbst er den Gneis überlagert. Im allgemeinen bildet er abgerundete Bergformen, die nur da schroff werden, wo seine Schichten aufgerichtet sind.

Er verwittert leicht zu einem ziemlich fruchtbaren Boden.

Phyllit (phyllum = Blatt, Blätterstein), Urtonschiefer. Das äußerst feinkörnige, außerordentlich schiefrige Gestein hat dunkelgraue, grüne oder schwarzblaue Farbe und bildet das oberste Glied des kristallinischen Schiefers.

Er stellt eine Uebergangsstufe zwischen Glimmer- und Tonschiefer vor und ist sehr wahrscheinlich aus letzterem hervorgegangen.

Wesentliche Bestandteile: Glimmer, Chlorit, Quarz, Feldspat.

Nebenbestandteile: Hornblende, Magnetit, Granat, Eisenglanz.

Vorkommen: Riesengebirg, Erz- und Fichtelgebirg, Böhmer Wald und Bayrischer Wald. Phyllit verwittert leicht zu einem lehmigen Boden.

Verwendung: Dachschiefer.

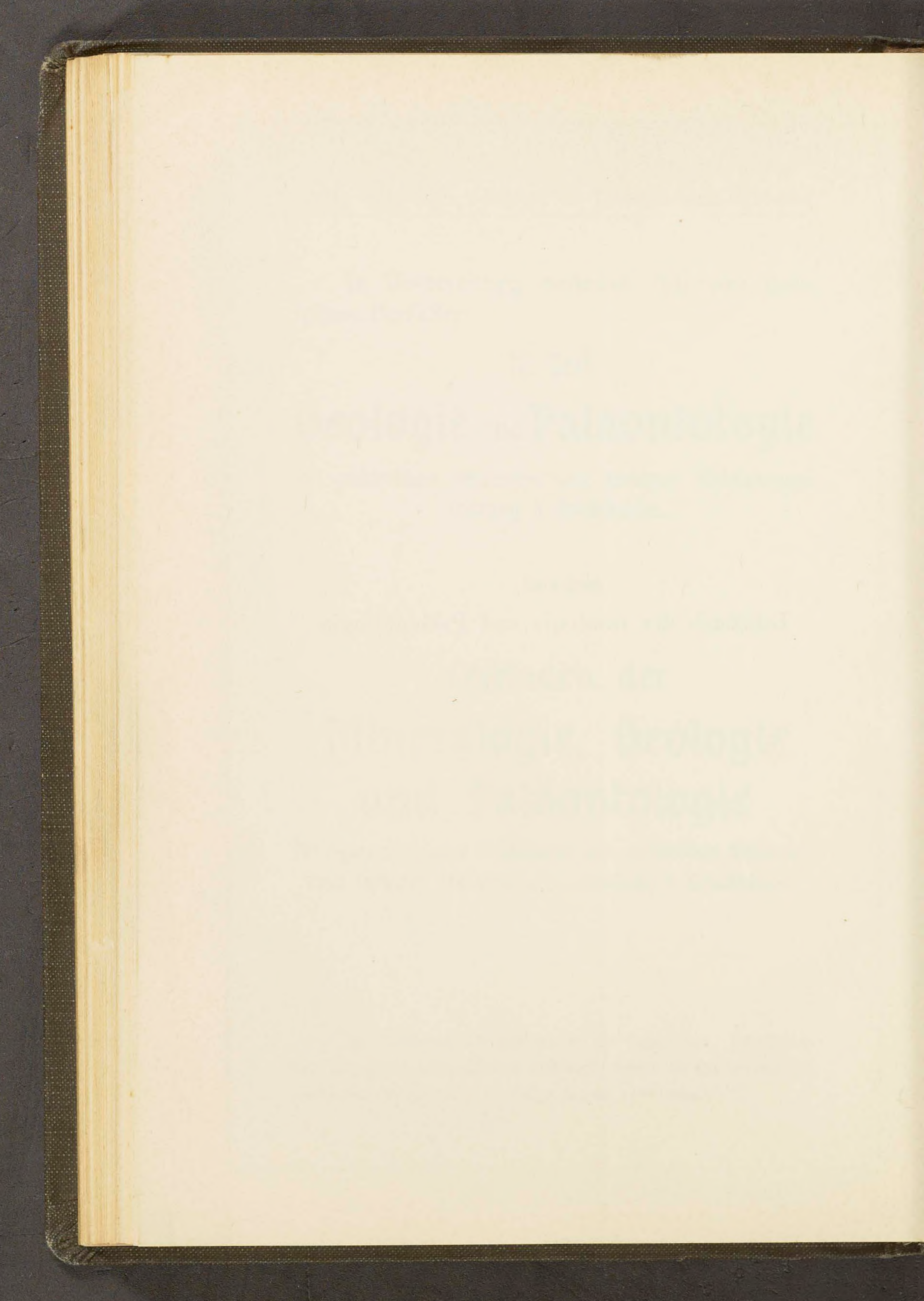
Von anderen kristallinischen Schiefern sind noch anzuführen: Hornblende, Chlorit und Talkschiefer, Serpentin und Quarzit.

Hornblendenschiefer ist ein grünlichschwarzes, mehr oder minder deutlich schiefriges Gestein. Eine besonders schöne Art ist der Eklogitfels (Fichtelgebirg).

Quarzit, ein hartes, widerstandsfähiges Gestein, aus kristallinisch körnigem bis dichtem Quarz nebst Glimmerschuppen bestehend, das mächtige Einlagerungen in Gneis, Glimmer u. s. w. bildet. Durch Verwittern seiner Umhüllung tritt er in schroffen Felsmauern hervor, wie das im bayrischen Wald der Fall ist (Pfahl).

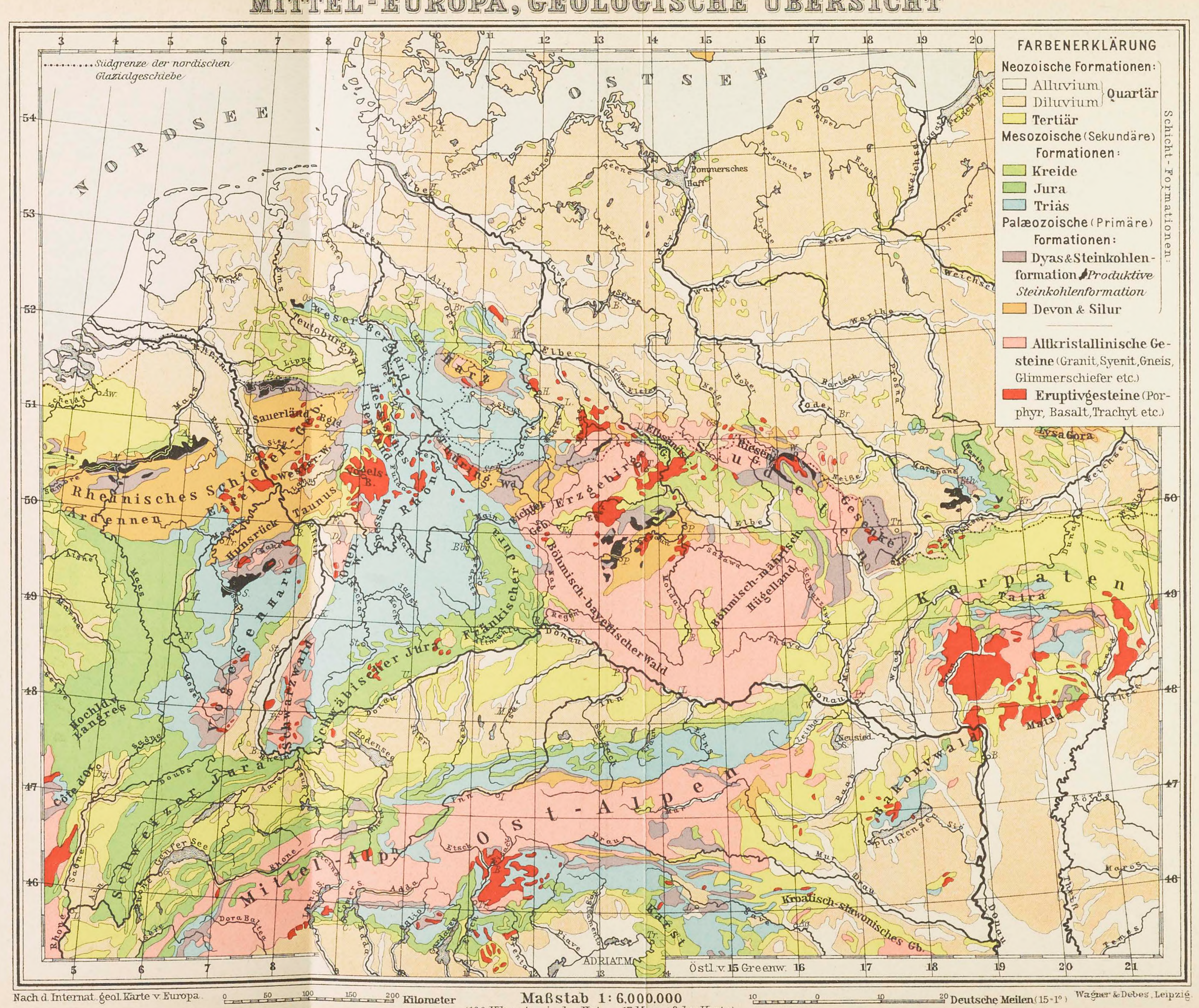
Alphabetisches Register.

Schmid,
Lehrbuch der Geologie und Paläontologie





MITTEL-EUROPA, GEOLOGISCHE ÜBERSICHT



Nach d. Internat. geol. Karte v. Europa. — Kilometer — Maßstab 1: 6.000.000 (100 Kilometer in der Natur = 17 Mm. auf der Karte) — Deutsche Meilen (15 = 1°) — Wagner & Debes, Leipzig.

Lehrbuch der Mineralogie und Geologie

für höhere Lehranstalten

bearbeitet von

Dr. Bastian Schmid,

Oberlehrer am Realgymnasium in Zwickau i. S.

II. Teil: Geologie und Paläontologie.

Mit zahlreichen farbigen und schwarzen Abbildungen
und einer geologischen Uebersichtskarte.



Esslingen & München.
Verlag von J. F. Schreiber.

Druck von J. F. Schreiber, Eßlingen.

Vorwort.

Im Gegensatz zur herkömmlichen Art hat Verfasser die geologische Tätigkeit des Wassers zum Ausgangspunkt gewählt und zwar in der Ueberzeugung, daß die an jedem Orte zu beobachtenden Vorgänge weit besser sich zur Einführung eignen als die Hypothese von der Entstehung der Erde und die in fernen Ländern sich abspielenden vulkanischen Prozesse.

Den paläontologischen Teil glaubte ich am besten mit der historischen Geologie zu verbinden, auch hielt ich es für angezeigt, gelegentlich der Behandlung der einzelnen Erdperioden die charakteristischen Mineralien (Erze) sowie einiges über die geographische Verbreitung einzuflechten.

Damit soll natürlich dieser Stoff nicht zu einem Lernstoff gestempelt werden, wie ja überhaupt in der Geologie das Lernen mehr in den Hintergrund tritt. Im allgemeinen bringen die Schüler dem Fach so viel Interesse entgegen, daß sie sich auch gerne privat und mit bestem Erfolge mit ihrem Lehrbuch beschäftigen.

Auch vorliegender Teil ist vom Herrn Verleger mit größter Sorgfalt ausgestattet worden, wofür ich ihm an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Zwickau i. S., Juli 1904.

Bastian Schmid.

Inhalts-Uebersicht.

I. Allgemeine Geologie.

II. Historische Geologie.

I. Allgemeine Geologie.

Die geologische Tätigkeit des Wassers.

Wenn wir den Bach verfolgen, der sich durch die Wiese schlängelt, dann fallen uns an seinen zahlreichen Windungen häufig wiederkehrende Erscheinungen auf, die uns zu denken Anlaß geben. Stets finden wir gegenüber den Einkerbungen des geschlängelten Laufes Ablagerungen von Sand und Schlamm. Da, wo die Wassermassen besonders anprallten, mußten sie zerstören, an den gegenüberliegenden ruhigen Stellen konnten sie ablagern. Zerstören und Aufbauen geht so Hand in Hand.

Auf den ersten Blick erscheinen uns die Wellen ganz klar, entnehmen wir ihnen jedoch eine Probe (Glas!), so finden wir, daß sich nach einiger Zeit ein sandiger Niederschlag bildet. Nach einem starken Gewitterregen ergeben Proben, die den schlammfarbigen Fluten entnommen werden, einen weitaus bedeutenderen Bodensatz, darunter Partikelchen von verschiedener Größe.

Interessant sind z. B. die an einem kleinen thüringischen Bach, dem Leutrabach, angestellten Untersuchungen. Dort wurden nach einem ergiebigen Gewitterregen in einem Liter Wasser 7,5 g feste Bestandteile gewogen. Wenn man nun annimmt, daß in jeder Sekunde 4 cbm Wasser mit 30 kg Niederschlägen, in der Stunde 14400 cbm mit 108000 kg Sediment vorbeiströmen, so ergibt sich etwa für den Tag eine Masse, die einem Gesteinswürfel von mehreren Metern Länge entspricht. Seit ein paar tausend Jahren hat demnach der Bach mehrere Billionen Kilogramm fester Bestandteile aus dem kleinen Tale fortgeführt. Ströme, wie der Mississipi oder der Ganges, tragen jedes Jahr 352682, bezw. 360628 Millionen Tonnen feste Bestandteile ihrer Mündung zu. Die anorganischen Stoffe, welche von Donau, Rhein und Elbe in 6000 Jahren dem

Meere zugeführt werden, kommen an Gewicht den jährlichen Wassermassen dieser Ströme gleich.

Nun haben wir schon in der Mineralogie häufig Gelegenheit gehabt, von den in gelöster Form im Wasser enthaltenen Substanzen zu hören. Einige Tropfen Chlorbarium genügen, um die Schwefelsäure nachzuweisen, salpetersaures Silber überzeugt uns von dem Vorhandensein von Chloriden, Seifenlösung läßt uns die Kalksalze erkennen. Kurz und gut, wir wissen, daß das Wasser auf mechanischem wie auf chemischem Wege Material fortbefördert. Dieselben Erscheinungen, die wir am Bach im kleinen sehen, finden wir an den riesigen Wassermassen, die über die Erdoberfläche hinwegeilen und besonders an den Meereswogen im großen. Ueberall handelt es sich um Zerstören und Aufbauen, um ein Ineinandergreifen von chemischen und physikalischen Vorgängen.

Man hat berechnet, daß die durchschnittliche Niederschlagsmenge auf der Erde jährlich 1 m beträgt. Demnach müssen in 1000 Jahren die ungeheuren Wassermassen von 1000 m Tiefe dem Meere zueilen und dabei auf verschiedene Art ihre zerstörenden Wirkungen äußern. Je größer die Wassermengen, desto größer die Transportfähigkeit. Da, wo tiefe Schluchten in weite Täler übergehen, finden sich Schuttkegel bis zu mehreren 100 m Breite vor. Während Sand und Schlamm schwimmend fortgeführt werden, rollen die Wassermassen größere Gesteinsstücke auf dem Boden fort und runden sie durch fortwährendes Aneinanderreiben ab. Dieses Fortrollen findet man begreiflich, wenn man bedenkt, daß das spez. Gew. der meisten Gesteine zwischen 2 und 3 liegt und die zur Verfügung stehenden Wasserkräfte ganz enorme sind. Was diesen mechanischen Kräften widersteht, unterliegt andern. Das Wasser laugt aus, dringt durch die feinsten Kapillaren ins Innere der Felsen und bringt im Verein mit Frost und Sonnenschein die oberflächlichen Partien zum Bersten.

Die schlucht- und taleinschneidende Tätigkeit der Gewässer nennt man **Erosion.** Wie diese mit Hilfe verschiedener physikalischer und chemischer Kräfte und — nicht zuletzt — durch das ihr zu Gebote stehende Transportmaterial wirken kann, das beweisen Hunderte von Gebirgsbächen. Alle Schluchten und Schluchtentäler, namentlich die Klamms (Fig. 1) zeigen uns die Wirkungen starken Gefälles großer Wassermassen. Ein höchst anschauliches Beispiel für Erosion im großen Maßstab bieten uns die Niagarafälle. Zwischen Erie- und Ontariosee, wo die Wassermassen des Flusses von einem 55 m hohen Plateau herabstürzen, haben wir einen silurischen Land-



Fig. 1. Die Partnachklamm in Oberbayern.

strich mit flachem Schichteinfall gegen Süden, dagegen mit schroffen Felswänden gegen den Ontario. Geognostisch bestehen die Schichten (von oben nach unten) aus Kalkstein, Schiefer, und zu unterst aus Mergel und Sandstein (Fig. 2). Im Laufe der Zeit hat der Niagara eine 80 m tiefe Felsschlucht in der Weise eingeschnitten, daß die Wassermassen, die sich über die Felswand stürzen, an den widerstandsloseren Schiefern und Sandsteinen am Fuße des Falles wühlen. Durch diese Unterwaschung wandern die Wasserfälle allmählich dem Eriesee entgegen. Dieses Stromaufwärtsrücken ging schon in früheren Zeiten vor sich. Gegenwärtig durcheilt der Fluß auf einer Strecke von $1^1/_2$ Meilen eine tiefe, enge, steilwandige Schlucht bis Queenstown, wo er in die Ebene des Ontariosees eintritt. Früher jedoch stürzte er sich direkt von der Hochebene in die Ontarioebene hinab und die ganze Schlucht, durch die er jetzt läuft, ist von ihm

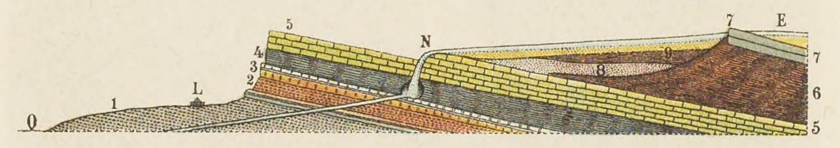


Fig. 2. Durchschnitt des obersilurischen Systems zwischen dem Erie- und Ontariosee mit dem Niagara-Fall.

1. Sandstein. 2. Sandstein. 3. Klintangruppe. 4. Niagaraschiefer. 5. Niagarakalk. 6. Sandstein. 7. Kalk. 8. Süßwasserschichten. O. Spiegel des Ontariosees. L. Lewiston. N. Niagarafall. E. Spiegel des Eriesees.

ausgehöhlt, so daß jede Stelle derselben schon einmal Ort des Falles war. Wenn man, wie die Beobachtungen ergeben haben, ein jährliches Rückschreiten von 65 cm annimmt, dann waren etwa 18000 Jahre nötig, um die $1^1/_2$ Meilen lange Schlucht auszuwühlen.

Die großartigsten Beispiele von Erosion bieten die Cañons des Kolorado (Fig. 3), ein System von Schluchten. Der Hauptfluß schneidet 1800 m tief in das sedimentäre Gestein und noch gegen 300 m tief in den darunter liegenden Gneis ein.

Um ein hervorragendes Beispiel von Erosion aus Deutschland zu bringen, sei auf das Elbsandsteingebirge verwiesen. Die merkwürdigen Formen der Sächsischen und Böhmischen Schweiz waren ursprünglich nicht vorhanden, dafür eine einförmige Ebene, in welche bis zur Tertiärzeit die Elbe und ihre Nebenflüsse eingeschnitten haben. Das ehemalige Tafelland hat heute mit seinen Felsruinen, Säulen, Gängen und Labyrinthen ein groteskes Aussehen (Fig. 4).

In interessanter Weise betätigt sich die Erosion bei der Entstehung der sog. Erdpyramiden. Dadurch, daß größere Gesteins-



Fig. 3. Marble Cañon.

stücke schützend auf lehmiger oder irgend lockerer Grundlage ruhen, wird die spülende Wirkung des Wassers nur auf die nächste Umgebung, nicht aber auf die bedeckte Masse ausgedehnt. Diese bleibt bestehen, so daß sich schlanke, mit einer Steinkuppe versehene Säulen bilden. Solche Erdpyramiden kommen z. B. bei Bozen in einer Höhe von 30—35 m vor (Fig. 5).

Die zerstörende Wirkung muß in den oberen Partien eines gleichmäßig geneigten Gehänges eine schwache sein, einmal, weil das Wasser noch in seichten Rinnen läuft und sodann deshalb, weil wenig Gesteinsmaterial

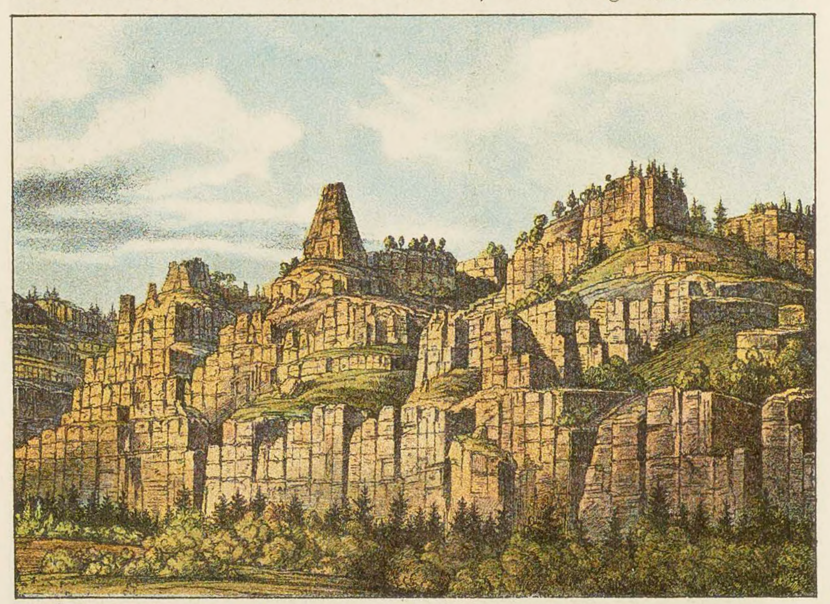


Fig. 4. Quadersandsteingebirge der Böhmischen Schweiz. (Felsenkessel von Dittersbach.)

mitgeführt wird. Wenn sich aber, wie in den tieferen Partien, mehrere Wasseradern vereinigen, dann beginnt die eigentliche Arbeit, und diese besteht im Auswühlen von Schluchten durch die feilende und schleifende Wirkung der Gesteinstrümmer. Erst nach und nach erfolgt eine Erweiterung der Einschnitte zu einem richtigen Tal. Hierzu trägt eine Reihe von Umständen bei. Da ist es die Untergrabung der Ufer und zwar an der konvexen Seite der Kurven und das Zusammenstürzen von Ueberhängen, da sind es die Lockerungen der Wände durch die Atmosphärilien, sodann jene durch die Pflanzenwelt, welche die Zerstörung herbeiführen. Und das ganze Material, wie es rutscht, stürzt, zertrümmert, wird vom Wasser in den verschiedenen Wasserfällen und Stromschnellen fort und fort zerkleinert bis hinaus in den Mittellauf. Dort wird es der Hauptsache nach talauswärts gespült, so daß durch



Fig. 5. Erdpyramiden bei Bozen.

die Ablagerungen Serpentinen entstehen und bald rechts, bald links sich Untergrabungen bilden. Im Unterlauf ist der Fluß durch die Absätze mitgeführten Materials (Schlamm) und der dadurch erwirkten Erhöhung der Sohle gezwungen, das Bett zu verlegen. Dadurch wird auch der Talboden wieder erhöht. Die Ueberschüttung mit Sand und Kies ist um so größer, je flacher die Ufer sind. Wenn sich aber das Flußbett durch Erosion nach und nach vertieft, so werden die Ablagerungen auf beiden Seiten des Flusses als schmale Streifen, sog. Schotter und Erosionsterrassen angehäuft. Diese letztgenannte Erscheinung ist häufig in Gebirgstälern.

Fast alle Talbildungen sind auf die Tätigkeit der Flüsse zurückzuführen. Form und Verlauf der Talstrecken geben uns ein deutliches Bild von den verschiedenen Widerständen, die sich dem Fluß in den Weg stellten. Hier wurde er durch harte Gesteinsmassen gezwungen, große Ausbuchtungen zu machen, da mußte er sich durch enge Schluchten hindurchzwängen, während er, bei den leichter zerstörbaren Schichten angekommen, das Tal ausweitete.

Deltas bilden sich an der Mündung großer Ströme in das Meer überall da, wo sich Uferwälle schützend vorlegen. Solche Uferwälle werden von den Wellen gebildet, indem sie den kontinentalen Sand und Schutt gegen die Küste spülen. So kommen Lagunen zustande, die nach und nach durch Schlamm und Sand ausgefüllt werden. Im Laufe der Zeit erhebt sich der Boden über das Meeresniveau, und es entsteht ein flaches, von verschiedenen Flußarmen durchzogenes Land. Wenn sich aber die Küste senkt, dann erreichen die Ablagerungen niemals die Oberfläche, und es entstehen die weitgeöffneten Flußmündungen, wie sie die Elbe, Weser u. a. Ströme aufweisen.

Im allgemeinen werden die feineren Sande schon in verhältnismäßig geringen Entfernungen vom Lande niedergeschlagen, höchstenfalls gelangen sie bis zu 150 km weit in das Meer hinaus. Die Ursache ist im Salzgehalt des Wassers zu suchen. Wenn man aus getrübtem Flußwasser zwei Proben entnimmt und die eine davon mit Kochsalz versetzt, dann kann man deutlich erkennen, daß die salzhaltige Flüssigkeit den Niederschlag befördert.

Die Abspülung und Abtragung weiter Flächen von Gesteinsmaterial hat man im Gegensatz zu der furcheneinschneidenden Erosion **Denudation** (Fig. 6) genannt. In beiden Fällen sind die zerstörenden Ursachen dieselben. Beide Arten von Abtragung haben die gegenwärtige Beschaffenheit unsrer Gebirge hervorgerufen. Dadurch, daß durch die Erosionsschluchten fortwährend Material abgeführt wurde, haben die Gebirge allmählich an Höhe eingebüßt und weisen, wie z. B. die Alpen, scharf umrissene Formen auf. Manche Forscher neigen zu der Annahme, daß dieses Gebirge bereits die Hälfte an Masse verloren habe. In ferner Zukunft werden die Alpen wie

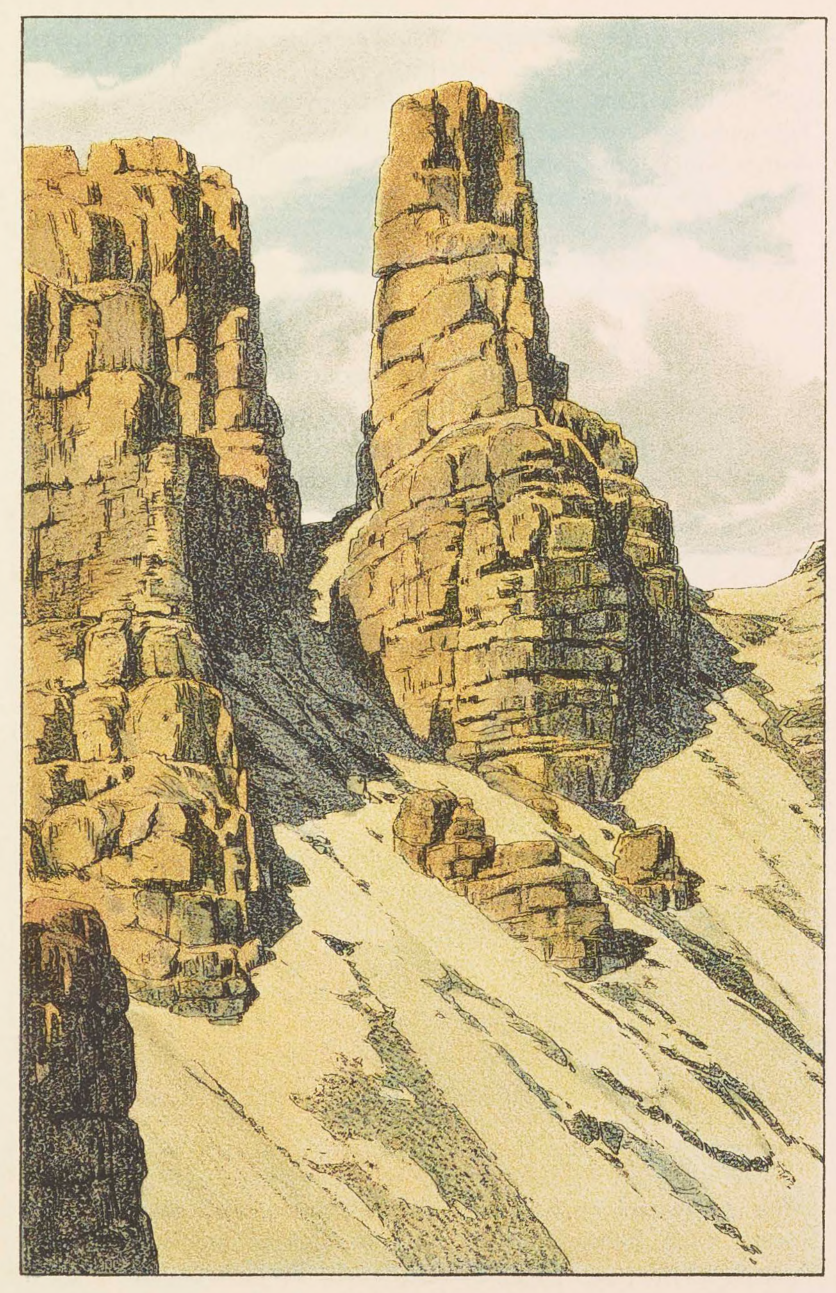


Fig. 6. Schlickertürme (Stubai).

unsre alten Gebirge (Böhmerwald) abgerundete Formen von relativ geringer Höhe aufweisen. Beispiele von Denudation im Flachlande sind nicht selten. So sind die Keuperschichten zwischen dem Thüringerwald und Harz weggespült worden, dasselbe gilt von der oberen Kreideformation Norddeutschlands, die bis auf die geringen Flecken bei Worbis verschwunden ist.

Die zerstörenden Wirkungen des Meeres.

Dieselben Tätigkeiten, die uns bei den Flüssen entgegengetreten sind, finden wir bei den Meereswogen wieder; auch hier handelt es sich um ein Zerstören, Transportieren und Absetzen. Hier wie dort er-

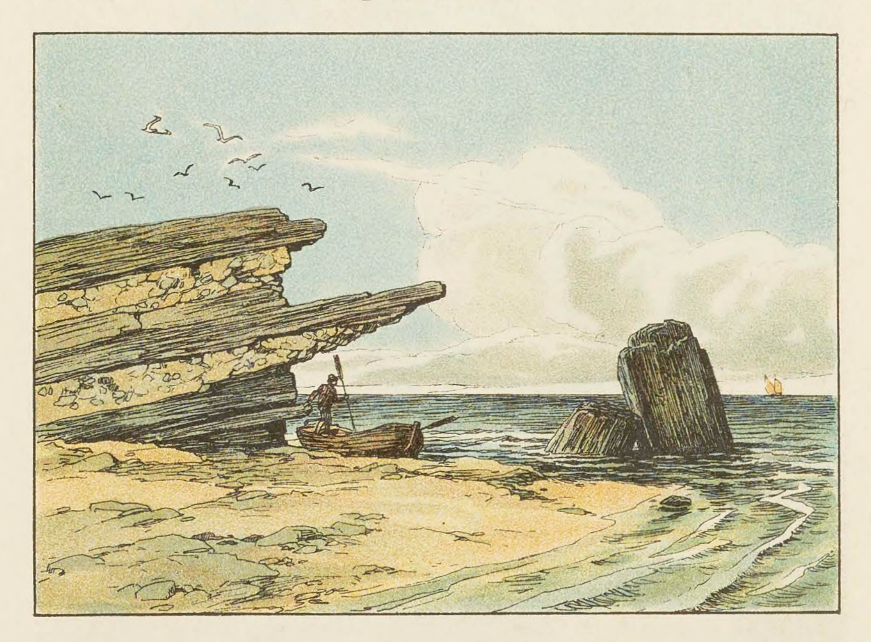


Fig. 7. Strandpartie (Gotland).

höhen große und rasch bewegte Wassermassen den Effekt der Zerstörung. Die Höhe der Flut, die Schnelligkeit derselben und die Gewalt der Wogen sind ausschlaggebend. Freilich kommt es auch noch auf die Zusammensetzung und Lage des Gesteins an. Hartes

Gestein, wie Granit und Gneis, ist widerstandsfähiger als Kalk, Mergel und Sandstein.

Landwärts geneigte Schichten werden unterwühlt, so daß die Felswand zerbröckelt und schließlich abstürzt. Hingegen laufen die Wellen an den seewärts geneigten Küsten hinauf und lagern Sand ab. Besonderen Angriffen sind Steilküsten und Vorgebirge ausgesetzt (Fig. 7). Indem sie ihrer Grundlage beraubt (Unterwaschung) und die abgebröckelten Trümmer gleich Projektilen gegen die Wände geschleudert werden, gehen diese unfehlbar ihrer Zerstörung entgegen (Felsenküste von Helgoland).

Die chemischen Wirkungen des Wassers.

Außer den durch das Wasser bewirkten mechanischen Veränderungen und Umlagerungen von Mineralsubstanzen haben wir uns noch kurz mit den chemischen zu beschäftigen.

Wir haben gehört, daß das chemisch reine Wasser nur in geringem Grade lösen kann, daß die lösende Kraft vielmehr nur dem mit Kohlensäure, Sauerstoff und organischen Stoffen beladenen Wasser zu Gebote steht.

Vor allem handelt es sich um Kalkstein, Dolomit und Gips, um Gesteine also, die geringen Widerstand bieten und meistenteils Höhlenbildungen aufweisen. Dem Wasser gelingt es, ein System von Spalten und Klüften zu bilden, wie das im Karst (Adelsberger Grotte, Fig. 8), im Fränkischen Jura (Muggendorfer- und Gailenreuther Höhle), im Harz (Baumannshöhle) und im Mansfelder Gebiet der Fall ist. Dort in den Kalksteinhöhlen finden sich die bekannten Stalaktiten und Stalagmiten, hier in den Gipshöhlen sind ganze Wände mit Gipskristallen ausgekleidet. Ununterbrochen arbeiten die Gewässer an der Vergrößerung solcher Höhlen, zum Teil an den Wänden, zum Teil tief unten, wo sie als Bäche fließen. Ist die Höhle derartig ausgeweitet, daß die Decke zu schwach wird, um die darüber lagernde Masse zu tragen, dann erfolgen Einstürze, welche für die weitere Umgestaltung recht verhängnisvoll werden können. Solche Erdbeben lokaler Natur machen sich bemerkbar in der Lüneburger Heide, wo es sich um Lösung von Salzen handelt (in Eisleben bis zu 60 Erschütterungen in einem Monat, so daß eine Anzahl von Gebäuden Risse bekamen), ferner finden sie sich ganz besonders im Karstgebiet.

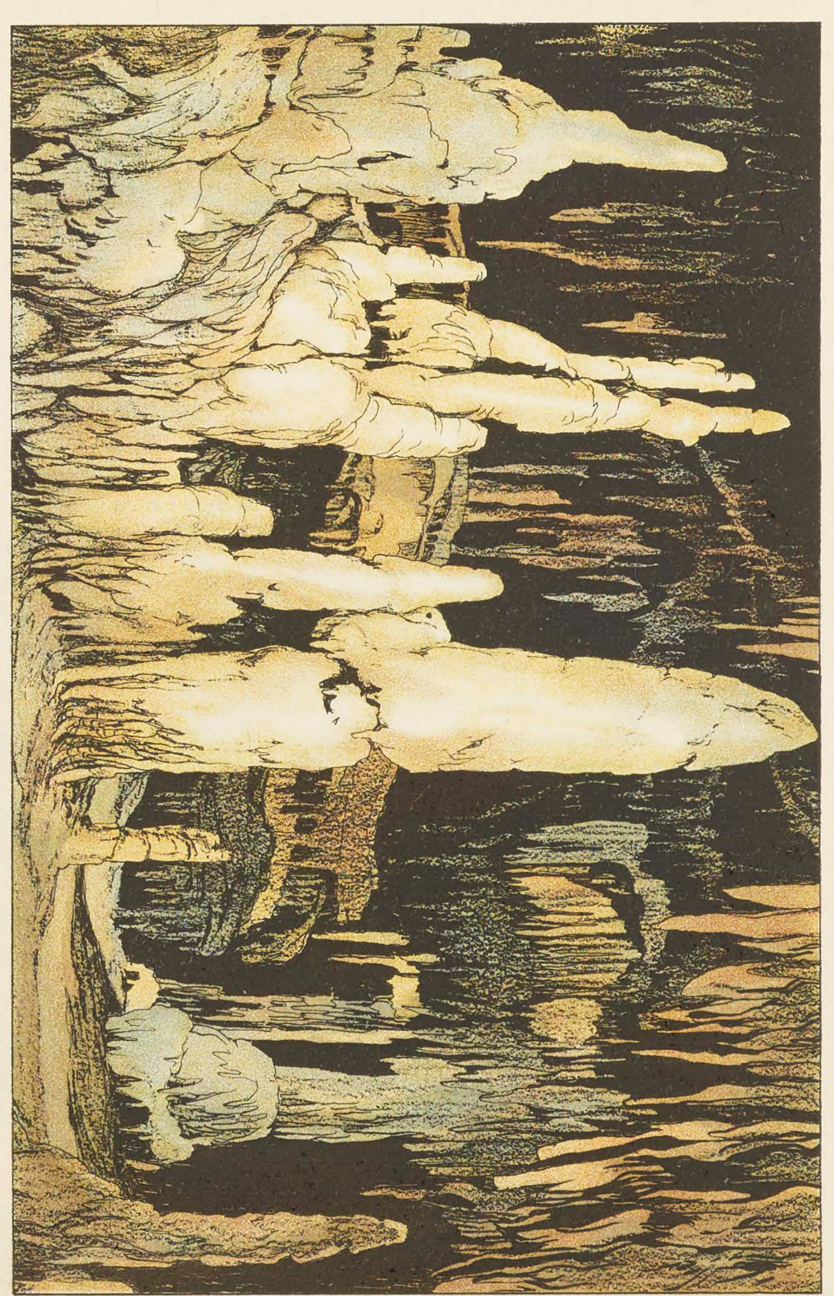


Fig. 8. Adelsberger Grotte.

Inwieweit das Wasser imstande ist, Mineralien, die als unlöslich gelten, zu zersetzen und an ihre Stelle nach und nach andre zu bringen, das zeigen uns vor allem die im Lehrbuch der Mineralogie erwähnten Pseudomorphosen von Brauneisenstein nach Quarz, von Quarz nach Flußspat. Das Wasser kann aber auch in die Gesteine eindringen, ohne dabei einen Austausch zu bewirken; es wird dann Eisenoxyd zu Eisenoxydhydrat, Anhydrit zu Gips u. s. f. Sauerstoffbeladenes Wasser wandelt z. B. Magneteisen in Roteisenerz um, Eisenoxydul in Eisenoxyd; Schwefelmetalle werden zu Vitriolen (Eisenkies zu Eisenvitriol, Kupferkies zu Kupfervitriol). Kohlensäurehaltige Wasser zersetzen unter Freiwerden von Kieselsäure verschiedene Silikate (Kalk, Natron etc.); Sickerwässer dringen mit Kohlenwasserstoffen (aus verwesten Organismen) beladen in die Erde. Treffen sie mit Eisenoxyd zusammen, dann entziehen sie demselben den Sauerstoff und bilden Kohlensäure. Das Eisenoxyd wird dadurch zu Eisenoxydul reduziert. Kohlensäure und Eisenoxydul gibt kohlensaures Eisenoxydul und aus diesem bildet sich an der Luft Eisenoxydulhydrat (Raseneisenstein). Wie schwefelsaure Metallsalze zu Schwefelmetallen reduziert werden, das zeigen uns Bleiglanz, Zinkblende und Schwefelkies.

Was die Mineralquellen anbelangt, von denen viele Kohlensäure, Chlor-, Brom-, Jod-, Eisen- und Schwefelverbindungen führen, so haben dieselben auf ihrer unterirdischen Laufbahn diese Substanzen gelöst und geben davon bei ihrem Austritt mitunter beträchtliche Mengen ab. Mineralquellen in der Nähe des Laacher Sees scheiden berechnungsweise in 1000 Jahren Lager von Eisenverbindungen aus, welche eine Ausdehnung von etwa $^1/_8$ Quadratmeile und $^1/_4$ m Mächtigkeit besitzen.

Aus alledem geht hervor, daß das Wasser, gleichviel ob in flüssiger oder fester Form, eine große Aufgabe zu erfüllen hat, nämlich die, Höhenunterschiede auszugleichen, einzuebnen, was durch tellurische*) Kräfte emporgewölbt wurde.

Gletscher.

Von großer Bedeutung für die Gestaltung der Erdoberfläche sind jene Ansammlungen von Landeis, die man als Gletscher bezeichnet. Es sind das Eisströme, die in hohen Regionen, von wo aus sie sich talwärts bewegen, ihren Ursprung haben. Ihre Entstehung ist folgendermaßen zu erklären. Dadurch, daß in den oberen Partien des Hochgebirges, sowie im Innern polarer Festländer der

*) tellus = der Erdboden, also Kräfte, welche ihren Sitz in der Erde haben

Schnee immer liegen bleibt, wird er durch die großen, fortgesetzt dazukommenden Massen zu rundlichen Körnern, dem sog. Firn, zusammengepreßt. Durch Druck und Durchtränkung mit gefrierendem Wasser wandelt er sich zu Firneis und in tieferen Schichten zu Gletschereis um.

Aehnlich dem aus einem See ablaufenden Fluß, kommt der Gletscher aus den Schneefeldern, die seine Nähr- und Sammelgebiete sind. Er wächst heraus aus zahlreichen Schneemulden und Kesseln und fließt langsam herunter bis unter die Schneelinie, die Täler in ihrer ganzen Breite und bis zu einer beträchtlichen Höhe ausfüllend. Die Eismassen können sich infolge ihrer Plastizität den Unebenheiten des Bodens anschmiegen, sich wie ein Fluß durch Schluchten und Engpässe hindurchzwängen und im Tale wieder erweitern. Ueber kleinere Felsen schieben sie sich hinweg, fließen über größere hinunter, um sich dabei zu teilen. Starke Unebenheiten des Bodens haben ein Zerbersten der Eismassen (Gletscherspalten) zur Folge; steile Abhänge bringen ein Abstürzen derselben, einen Eisfall mit sich. Die Aehnlichkeit mit dem fließenden Wasser geht noch weiter. Zuweilen vereinigen sich auch mehrere Gletscher zu einem Hauptgletscher. Wie bei einem Fluß die Strömung in der Mitte größer ist als an den Ufern, so dringen auch im Gletscher die mittleren Massen rascher vorwärts als die an den Rändern. Würden wir eine gerade Linie von einem Ufer zum andern ziehen, dann müßte diese nach einiger Zeit eine nach vorwärts gerichtete Kurve zeigen. Staub und Sand auf Gletschern bilden tatsächlich derartige Figuren (Fig. 9). Die Bewegung des Gletschers dem Tale zu ist eine beständige; im Sommer, wo die Schmelzwasser eindringen, ist sie schneller als im Winter. Je nach der Masse des Eises und der Neigung des Bodens ist die Geschwindigkeit eine verschiedene. Gewöhnlich beträgt die tägliche Bewegung eines Alpengletschers 15—35 cm. Besonders schnell erfolgt die periodische Fortbewegung des Vernagtgletschers, nämlich 12 m pro Tag. Ebenso überraschend ist die Fortbewegung mancher Grönlandgletscher, die bis zu 70 cm in der Stunde betragen kann. Die Bewegung des Gletschereises ist ein Gleiten auf dem Untergrunde und ein träges Fließen, das infolge des nach dem Tale zu gerichteten Druckes seiner eigenen Masse hervorgebracht wird.

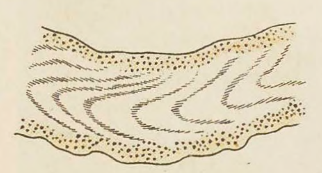


Fig. 9. Schmutzbänder auf einem Gletscher.



Fig. 10. Ideale Gletscherlandschaft (nach F. Simony).

a. Mittelmoräne. b. Seiten- und Randmoränen. c. Gletscherzunge. d. Gletschertor. e. Gletscherbach. f. Gletschersee. g. Gletschertisch.

Durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen entstehen auf dem Gletscher Schmelzwasser. Sie durchziehen in unregelmäßigen Kanälen das Eis, um sich am Boden zu kleinen Bächen zu vereinigen. Diese brechen an den sog. Gletschertoren, höhlenartigen Oeffnungen, hervor und treiben als milchig getrübte Bäche dem Tale zu (Fig. 10). Dem Fortschreiten des Gletschers selbst ist an der Schmelzlinie, die 1000 m unterhalb der Schneelinie liegt, eine Grenze gesetzt. Dieselbe variiert, und zwar ist sie von den klimatischen Vorgängen beeinflußt.

Die Vorgänge des Schmelzens und Talabwärtstreibens der Gletschermassen sind nicht ohne großen Einfluß auf die Gestaltung der Umgebung. Indem sich die Eismassen an den Felswänden vorbeidrängen, zerstören sie die durch Frost und Atmosphärilien bereits beschädigten Gesteine. Diese stürzen sodann als Gesteinstrümmer in Massen auf die Eisflächen. In der Mitte sowohl als auch an den Rändern sammelt sich Material, das mit der fortschreitenden Bewegung zu Tale getragen wird. Man nennt solche Schuttmassen Moränen und spricht von Seiten-, Mittel-, Grund und Endmoränen. Vereinigen sich zwei Gletscher, so wird aus den sich berührenden Seitenmoränen eine Mittelmoräne, wie Fig. 11 zeigt. Moränen erreichen mitunter eine Höhe von 50 m und schützen das darunter liegende Eis vor den Strahlen der Sonne. Dasselbe ist der Fall bei isolierten Felsblöcken, die dem Eise aufliegen und ähnlich den Kuppen der Erdpyramiden ihre Unterlage schützen. Man nennt diese mit einem Steinhut versehenen Eissäulen Gletschertische (Fig. 10).

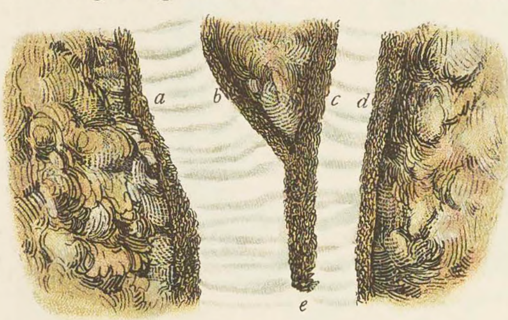


Fig. 11.
a. b. c. d. Seitenwände der Gletscher. (Nach Credner.)
e. Mittelmoräne, entstanden durch Vereinigung der Seitenmoränen b und c.

Während die Felsstücke der Seiten- und Mittelmoränen wenig Gelegenheit haben, ihre Ecken und Kanten abzuschleifen, wird auf das Material der Grundmoräne ganz besonders eingewirkt. Das Eis zerreibt das unter ihm liegende Gestein zu Sand und hinterläßt am Boden Schrammen; es rundet, schleift und glättet, so daß eine lehmig-grusige Schichte mit meist kleinerem Getriebe, die Grundmoräne, entsteht. Die Endmoränen weisen das Gesamtmaterial der Seiten-, Mittel- und Grundmoränen, also große kantige Bruchstücke

sowohl als auch feinstes Mehl auf. Dieses wird von den Schmelzwassern fortgeführt. Um welche Mengen es sich handelt, das zeigen uns die Alpengletscher, worunter manche bis zu 300 000 kg Schlamm pro Tag abgeben.

Die von einem Gletscher beschrittene Fläche ist für fernste Zeiten gekennzeichnet und zwar vor allem durch die hinterlassenen Schliffflächen und Rundhöcker. Die Felsen sind poliert, die Erhöhungen abgerundet und geglättet (Fig. 12). Solche Erscheinungen zeigen sich in verschiedenen Gegenden Nord-, Mittel- und Süd-

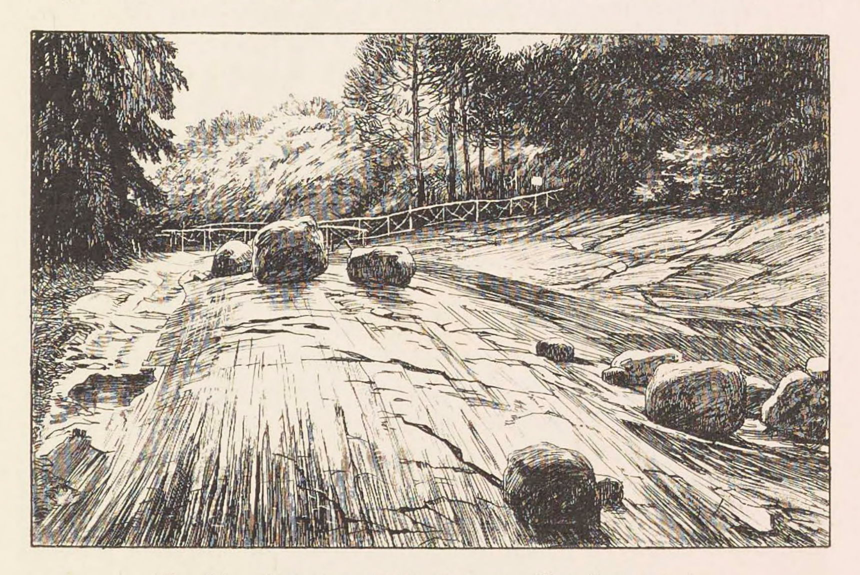


Fig. 12. Gletscherschliffe (Luzern, Gletschergarten).

deutschlands (Starnberger See). Wir haben es da mit Gebieten zu tun, die in der Eiszeit von Gletschern besucht waren.

Ob wir das Wasser auf der Oberfläche des Bodens verfolgen oder seine unterirdischen Bahnen betrachten, überall tritt es uns als geologisches Werkzeug entgegen.

Riesige Wassermassen — wenn man bedenkt, daß jährlich etwa 1000 geographische Kubikmeilen Wasser durch die Sonne verdunstet werden, um wieder zur Erde zurückzukehren — und enorme Zeiträume lassen uns die großen, zerstörenden Wirkungen begreifen. Ueberall macht sich das Bestreben geltend, zu nivellieren und die Felsen ins Meer hinauszubefördern, wo feiner Schlamm wieder zu Gestein erhärtet, um die Grundlage zu neuen Gebirgen zu bilden.

Die geologische Tätigkeit des Windes.

Neben der geologischen Tätigkeit des Wassers dürfen wir eine andre, wenn auch bei weitem weniger bedeutende, nicht übersehen, nämlich die des Windes. Zunächst kommt er als Transportmittel für sand- und staubartige Gesteinsfragmente in Betracht. Inwiefern die geologische Tätigkeit des Windes durchaus nicht zu unterschätzen ist, das lehren uns nachstehende Beispiele. Im Jahre 79 n. Chr. wurde während des Ausbruchs des Vesuv die vulkanische Asche bis Syrien und Aegypten getrieben, 512 nach Tripolis, Calabrien und in die Zentralalpen getragen. Die Aschen des Krakatau-Ausbruchs verbreiteten sich über ein Gebiet von 800 000 km. Aehnliche Verbreitung erfährt der Wüstensand durch den Wind. So sind in älteren wie in jüngsten Zeiten in Süd- und Norddeutschland Staubfälle beobachtet worden, deren Bestandteile mit Sicherheit von afrikanischen Wüsten herrühren, also Entfernungen bis zu 3000 km zurückgelegt haben.

Dünen. An Flachküsten findet das Meer Gelegenheit, Sande abzulagern. Diese werden, sobald sie trocken sind, vom Winde ergriffen, fortgerollt oder -gewirbelt, bis sie an irgend einem Hindernis (Gräsern, Steinchen) sich anstauen oder am feuchten Boden kleben bleiben oder auch, sobald der Wind nachgelassen hat, durch ihr eigenes Körpergewicht niederfallen. Dann häufen sie sich allmählich zu großen, bis zu 40 m hohen Sandhügeln, den sog. Dünen auf (Fig. 13), welche den sandigen Küsten in Ketten parallel gehen (Dünenkette). Gegen das Meer zu fallen sie flach ab, landeinwärts dagegen steil. Die Tätigkeit des Windes ist dadurch keineswegs beendigt. Indem er, von der Seeseite kommend, den Dünensand landeinwärts treibt, wandern die Dünen weiter ins Festland — mitunter bis zu 6 km im Jahr — wobei ganze Ortschaften begraben werden, die unter Umständen, wie das Dorf Kunzen auf der kurischen Nehrung, später wieder zum Vorschein kommen können. Aber auch Inlandsdünen, wie jene in der Lausitz und der Dresdener Heide, haben ihre Entstehung dem Winde zuzuschreiben. Gleich dem Wasser erodiert der Wind und trägt vor allem die von der Pflanzenwelt zerkleinerten und gelockerten Bodenbestandteile fort. Indem er die Sandteilchen gegen Felsen wirft, gelingt es ihm, anzuschleifen und auszufeilen, also an ihrer Zerkleinerung zu arbeiten.

Dadurch, daß der Staub auf eine Vegetationsdecke fällt, wird



Fig. 13. Dünenlandschaft auf Sylt.

er festgehalten. Allmählich wächst er mehr und mehr an, bedeckt die Pflanzen, erstickt sie und läßt nichts übrig als röhrenförmige Abdrücke der Wurzeln und harter Teile. Neue Pflanzen sprießen auf dem mehligen Boden; aber auch diese werden bedeckt, und so türmen sich schließlich die Lößlandschaften bis zu 100 m und darüber auf (Fig. 14). Das ist der Fall im Great Basin Nordamerikas, in Persien, Zentralasien, vom Himalaja bis zum Altaigebirge. Auf diese Weise werden Unebenheiten des Bodens ausgeglichen, Hügel verschwinden und Täler werden ausgefüllt. (Nicht selten ist der Wind der eigentliche Urheber der Salzsteppen.) Wenn die Erosion arbeitet und tiefe Rinnen einschneidet, findet eine Auslaugung statt, und die Salze sammeln sich dann in den Steppenseen. Daß mit solchen Umwandlungen eine Veränderung der Pflanzen- und Tierwelt zusammenhängt, liegt in der Natur der Sache.

Die Organismenwelt in ihrer Bedeutung für die Geologie.

Daß die Pflanzen- und Tierwelt auf die Erdoberfläche umgestaltend einwirken, davon haben wir uns in der Mineralogie wiederholt überzeugt. Die Pflanzen zerstören Felsblöcke, in die sie keilförmig ihre Wurzeln treiben, sie bemächtigen sich anderseits der Dünen, um sie festzuhalten und des Schlammes an den Niederungen der Meeresküsten. Sie geben durch ihre Verwesung Kohlensäure an Luft und Gewässer ab und erhöhen dadurch die chemischen Wirkungen des Wassers auf das Gestein. Mächtige Sedimente werden dadurch erzeugt, daß die pflanzlichen Organismen Kalk niederschlagen, oder daß sie, wie z. B. die Diatomeen, Kieselsinter ausscheiden. (Große Diatomeenablagerungen in der Lüneburger Heide und ebensolche bis zu 100 m Mächtigkeit in Kalifornien).

Von dem Prozeß der Verkohlung, der eine große Rolle in der Pflanzenwelt spielt, werden wir bei späterer Gelegenheit hören.

Ganz besonders tritt der Einfluß der Tierwelt auf die Erdoberfläche hervor durch die Korallenbauten. In einer Temperatur von 20—25° C errichten in seichten Meeren, geschützt vor Einmündungen von Strömen, die zu den Pflanzentieren zählenden Korallen ihre unter dem Namen Riffe, Bänke u. s. w. bekannten Bauten.



Fig. 14. Lößlandschaft in China.

Besonders reich an Riffen ist der Stille Ozean, der allein gegen 300 Koralleninseln aufweist. Riffe von 1000 m Mächtigkeit sind nichts Seltenes; manche Barrierriffe haben eine Länge von 2000 km.

Die Tätigkeit des Meeres kommt erst in Betracht, wenn sich die Korallenbauten über die Wasseroberfläche erheben. Dann schlagen die Wellen gegen die Ränder der Bauten, sie zertrümmernd und zu Sand zerreibend; diesen vermengen sie mit zerkleinerten Stücken von Muscheln und andern kalkhaltigen Substanzen und füllen mit dem Material Höhlungen und Lücken aus. Dann lassen freilich die Bauten nicht mehr die zierlichen Zweige der Korallen erkennen, sondern erscheinen als kompakte Kalkmassen.

In weit geringerem Maße als die Ablagerungen durch Polypen erfolgen die Kalkausscheidungen der Mollusken. Auffällig und durchaus nicht unbedeutend sind die Anhäufungen von Kalk in den sog. Muschelbänken. Größtenteils kommen gegenwärtig die Ansiedlungen von Austern, ferner die Produkte der Mies- und Kammermuscheln in Betracht.

Große Gebiete des Ozeans werden sodann durch Foraminiferen- und Globigerinenschalen bedeckt. Letztere bilden den sog. Globigerinenschlamm, der bis zu 40 % aus kohlensaurem Kalk besteht und einen hervorragenden Anteil von marinen Sedimenten enthält.

Nicht zu unterschätzen sind endlich die winzig kleinen Kieselschalen der Radiolaren; denn sie bedecken den Diatomeen gleich den Meeresboden auf ungeheure Strecken hin.

Vulkanische Erscheinungen.

Entstehung der Erde.

Die Frage nach der Entstehung von Gebirgen führt uns zu Prozessen, die mit der Abkühlung der Erde und dem Vulkanismus in innigem Zusammenhang stehen. Wir treten ihr am nächsten, wenn wir bis zu den Urzeiten der Erde, bis zu ihrer Entstehung zurückgehen. Freilich begeben wir uns damit auf ein Gebiet, das sich der Beweisbarkeit entzieht; jedoch beruhen die aufgestellten Theorien auf Erscheinungen, wie wir sie heute noch an der Sternenwelt beobachten können.

Diese bis auf den heutigen Tag anerkannten Theorien stammen von dem deutschen Philosophen Kant und dem französischen Naturforscher Laplace. Hiernach bildeten die Sonne und das ganze Planeten- und Mondsystem einen

ungeheuren, glühenden Dunstball, der sich in westöstlicher Richtung drehte. Durch allmähliche Abkühlung erfolgte eine Zusammenziehung desselben und, weil die peripherischen Massen, die eine größere Geschwindigkeit besaßen, der Drehungsachse des Dunstballes genähert wurden, steigerte sich die Zahl der Umdrehungen. Hierin lag die Ursache für die Abplattung an den Polen und zur Losreißung von ringförmigen Massen am Aequator (Saturn). Aus solchen Ringen haben sich die Planeten wie z. B. unsre Erde zusammengeballt.

Abkühlung und Verdichtung schritten fort, und so ging der glühend-gasförmige Zustand der Erde in den glühendflüssigen über, in welchem sich zur Zeit die Sonne befindet. In den gewaltigen Zeiträumen, mit denen wir zu rechnen haben, verlor die Masse durch Ausstrahlung in den kalten Weltenraum so viel an Wärme, daß sich Schlacken zu bilden begannen. Diese schlossen sich schließlich zu einer zusammenhängenden Erstarrungskruste. Wahrscheinlich war diese Kruste gleichmäßig kristallinisch wie etwa Granit; denn die Abkühlung erfolgte langsam, und der Druck der damals viel schwereren Atmosphäre war ungeheuer groß.

In der Atmosphäre waren noch unsre Ozeane in Dampfform nebst andern Substanzen. Die äußeren Teile der Erde sowohl als auch die inneren und innersten wurden mit Gasen (Mineralbildner) und Wasserdampf überladen, so daß die überhitzten Stoffe mit der Atmosphäre in ungeheurer Spannung standen.

Wahrscheinlich war diese Epoche der Verfestigung der Erdrinde die längste von allen in der Geschichte unsres Planeten. Daß die Kruste oft von schmelzflüssigen Massen zerstört wurde, ist wohl sicher anzunehmen (Fig. 15). Mehr und mehr umschnürte die Kruste die flüssigen Innenmassen und kühlte sich im Laufe unschätzbarer Zeiträume so weit ab, daß das Wasser in flüssiger Form herniederprasseln konnte. Es war gesättigt mit verschiedenen Substanzen und wirkte bereits auf die Erdoberfläche, die es als Weltmeer umgab, chemisch ein (Bildung von Sedimentärgestein). Die Temperatur erniedrigte sich, und die Kruste wurde dicker und dicker. Nun erfolgte die Scheidung von Wasser und Land. Nur wenige Kanäle verbanden die Panzerdecke mit dem Erdinnern. Auch diese Verbindung wurde durch die weiter fortschreitende Abkühlung abgeschnitten, und so blieben nur noch schmelzflüssige Reste der einstigen Massenergüsse in geringer Tiefe, welche die heutigen Vulkane speisen (Fig. 16). Hand in Hand mit diesen Prozessen ging ein andrer. Der Erdkern kühlte sich weiter ab, die Rinde aber war zu weit geworden, um sich ihm anzuschließen, so daß sie Falten bildete wie die Schale am welkenden Apfel. Für die Erde bedeuten diese Falten ihre Gebirge.

Die Erdoberfläche wird jetzt ausschließlich von der Sonne erwärmt, deren Einfluß bis zu etwa 20 m Tiefe geht. Hier herrscht eine konstante Temperatur. Unterhalb dieser Grenze jedoch beginnt eine Wärmezunahme, die nicht mehr von der Sonne herrühren kann, sondern von einer tellurischen Wärmequelle. Aus den an verschiedenen Orten in Bohrlöchern, Bergwerken, Tunnels

gemachten Messungen geht hervor, daß nach der Tiefe zu eine fortgesetzte Temperaturzunahme zu verzeichnen ist. Dieselbe beträgt von 33 zu 33 m einen Grad. Allerdings ist man erst bis zu

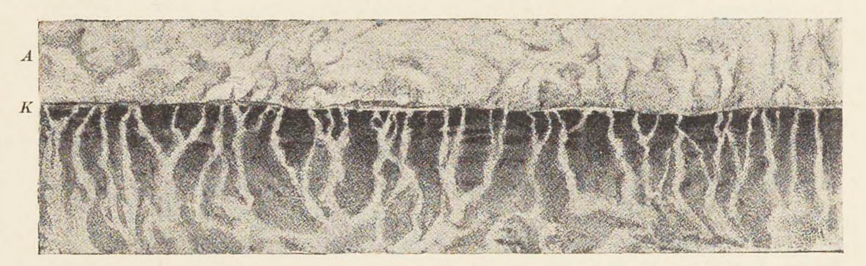


Fig. 15. Ein Teil der Erdoberfläche.
K. Erstarrungskruste. A. Dunsthülle. (Nach Stübel.)

einer Tiefe von 2000 m vorgedrungen, und voraussichtlich wird man auch in Zukunft nur um unwesentliche Strecken weiter kommen. Wenn man jedoch bedenkt, daß heiße Quellen Wasser von 100 Grad Wärme (= 100 . 33 = 3300 m Tiefe) an die Ober-



Fig. 16. Ein Teil der Erdoberfläche.
A. Atmosphäre. K. Kruste. P. Panzerdecke mit den Resten der einstigen Massenergüsse. S. Sedimente. (Nach Stübel.)

fläche bringen, und die Tiefen, aus denen schmelzflüssige Magmen dringen, sogar auf eine Temperatur von 1200 Grad schließen lassen, dann ist wohl anzunehmen, daß in dem Erdinnern enorme Temperaturen herrschen und die Quelle derselben in einem noch glühenden Erdkern zu suchen ist. Die Forschung neigt allgemein zu der Annahme, daß es sich im Erdinnersten um glutflüssige Massen handelt; sie sind als der Rest der ursprünglich feurigflüssigen Massen unsres Planeten anzusehen.

Ueber Vulkane.

Die ersten Unebenheiten der Erdoberfläche sind also durch den Vulkanismus entstanden. Das Material, welches die gegenwärtig tätigen Vulkane hervorbringen, und woraus sie selbst aufgebaut sind, ist Lava. Teilweise sind diese Laven dünnflüssig aus dem Ausflußkanal gekommen, wobei sich Schichten bildeten, teilweise haben sich durch die Auswürflinge ringsherum Berge angehäuft. In beiden Fällen entstehen mehr oder weniger regelmäßige Lagen von vulkanischem Material. Wir nennen den Vulkan einen geschichteten. Sehen wir uns einen solchen Schicht- oder Stratovulkan näher an!

Diese kegelförmigen Berge zeigen auf dem Gipfel eine Vertiefung, den Krater (Fig. 17). Derselbe führt in den wichtigsten Teil des Vulkans, den Kanal, welcher durch die starre Kruste

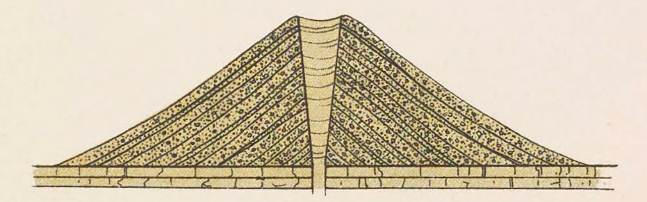


Fig. 17. Profil eines Stratovulkankegels.

hindurch bis zu den glutflüssigen Herden reicht. So gleicht der Vulkan einem Riesenkamin, durch welchen das gas- und glutflüssige Material abzieht (Fig. 17). Bisweilen, und zwar im Zustande der Ruhe oder bei erloschenen Vulkanen, ist der Kanal meistens verstopft.

Die Mündung nach oben kann schacht-, trichter-, kessel- oder tellerförmig sein und führt den Namen Krater. An ihm unterscheidet man den Krater-Rand, die -Wände und den -Boden (Fig. 18).

Nicht immer liegt der Krater zentral, er kann auch auf dem Abhange sein, mitunter fehlt er überhaupt ganz; ferner kann auch eine größere Menge von Kratern vorhanden sein (Fig. 20). Beispielsweise besitzt der Aetna außer einem Gipfelkrater noch 700 Kraterkegel. Der Durchmesser der Krater ist ein sehr wechselnder. So weist jener des Vesuv 620, der des Aetna 700, der des Kilauea auf Hawaii 4700 m auf.

Die Größe der Vulkane ist bedeutenden Schwankungen unterworfen; es gibt solche von nur 30 m Höhe, während der Aetna 3320 m und der

Mount Kea auf Hawaii 4280 m Höhe aufweisen. Bei einer Reihe von Vulkanen sind die architektonischen Verhältnisse komplizierter Natur, wie z. B. beim Vesuv. Dort ist der eigentliche Eruptionskegel von einem Ringwall (Monte Somma) umgeben, der ebenfalls aus vulkanischen Produkten besteht.

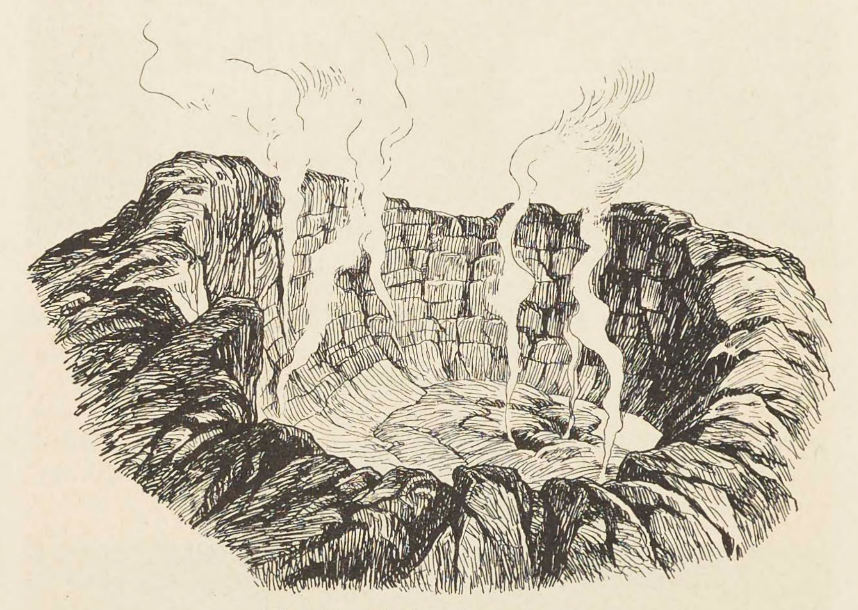


Fig. 18. Krater eines Vulkans.

Die dazwischen liegende ebene Fläche führt den Namen Atrio del Cavallo. Die Bildung hat auf folgende Weise stattgefunden: durch Erosion wurden die Kraterränder und später die oberen Teile der Kraterwände



Fig. 19. Durchschnitt des Vesuv von Nord nach Süd.
1. Leuzitporphyr der Somma. 2. Bimssteintuff. 3. Neuere Lava. A. Aschenkegel des Vesuv. S. Die Somma. P. Punta del Palo. T. Torre del Annunciata. M. Meeresspiegel.

zerstört, so daß sie zerbröckelten und in die Tiefe stürzten. Dadurch entstand eine tellerartige Vertiefung, später ein weiteres von einem Ringwall umgebenes Kesseltal. Nun brach der Vulkan wieder aus, es begann durch die ausgeworfenen Massen ein neuer Kegel zu wachsen, und zwar überragte derselbe bald den Kranz des alten Kraters (Fig. 19).

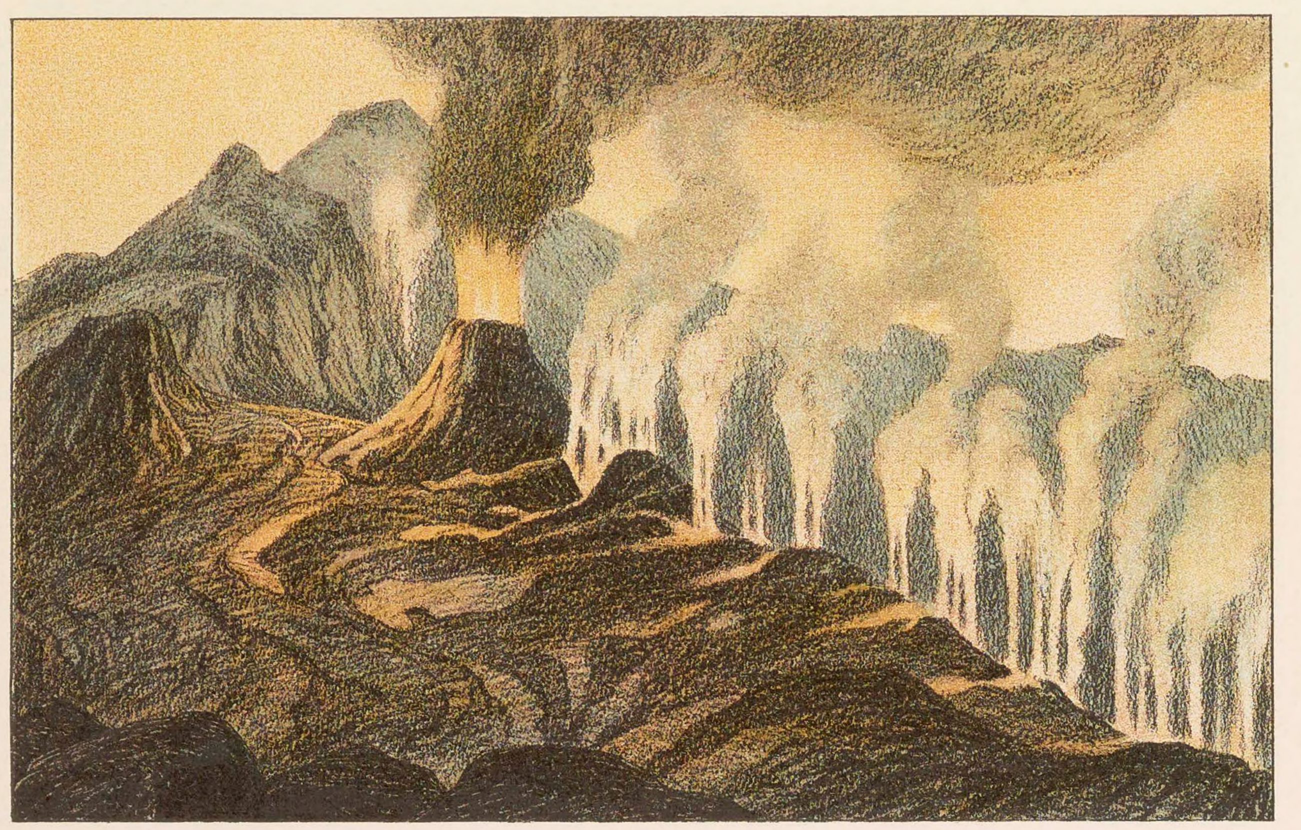


Fig. 20. Ausbruch aus einem parasitischen Aetnakrater.

Die Tätigkeit der Vulkane kann sich verschiedentlich äußern. Im allgemeinen lassen sich leicht zwei Phasen unterscheiden, eine längere oder kürzere Ruheperiode und ein Zustand der Aufregung, der Eruption. Erstere Periode kennzeichnet sich durch ein ruhiges Ausfließen der Lava und Entweichen gasförmiger Produkte, wie Schwefelwasserstoff, Schwefelsäure, Chlorwasserstoff, Wasserstoff und vor allem Wasserdampf, der sich durch aufsteigende Dampfsäulen weithin bemerkbar macht. Daß bei einer solchen Anzahl verschiedenster Gase Sublimations- und Zersetzungsprodukte vorkommen, ist wohl als selbstverständlich anzunehmen.

An den Kraterwänden finden sich Quarz, Augit, Hornblende, Glimmer, Zirkon u. s. w., ferner Krusten von Kochsalz, Salmiak, Eisenvitriol, die durch Einwirkung von Schwefelsäure in Sulfate umgewandelt werden.

Finden die emporsteigenden Gasblasen an der zähflüssigen Lava einen Widerstand, dann entsteht durch diese Spannung eine Explosion. Die weichen Schlacken werden mehrere hundert Meter hoch in die Luft geworfen und durch rasche Drehung in sog. Bomben verwandelt. Diese fallen zum Teil in den Krater zurück, zum Teil rings um denselben.

Vulkanausbrüche. Das Entweichen von Gasen und flüssiger Lava kann zu einem furchtbaren Naturphänomen werden, ganz besonders dann, wenn der Krater infolge langer Ruhepausen verstopft wurde, oder wenn der Ausbruch unter explosionsartigen Erscheinungen erfolgt. Unter ungeheurem Getöse fliegen Bruchstücke des Kraters oder Vulkans in die Luft, emporsteigende Dampfblasen schleudern Auswürflinge gegen den Himmel, der sich durch den Aschen- und Sandregen zu verdunkeln beginnt; feurig-flüssige Lava schafft sich in verheerenden Strömen raschen Laufes Bahn. Eine schwarze Rauchwolke erhebt sich mit Blitzesschnelle in die Luft, breitet sich pinienartig aus (Fig. 21), spiegelt die Glut der Lavamassen und gleicht so einer riesigen Feuergarbe. Diese mehrere tausend Meter hoch steigenden Säulen bestehen der Hauptsache nach aus Wasserdampf und werden von Lavamassen, Asche und wieder zurückrollenden Bomben begleitet. Die Erde erbebt unter mächtigem Donnergeroll, Blitze fahren aus den emporsteigenden Säulen, während die sich entzündenden Wasserstoff-, Schwefelwasserstoff- und Kohlenwasserstoffgase, die mitunter eine Höhe von 30 000 m erreichen, als riesige Feuergarben die Umgebung in Brand setzen (Mont Pelée auf Martinique) und alle Lebewesen vergiften. Inwiefern sich der Wind der Aschenmassen bemächtigt, haben wir bereits früher gehört.

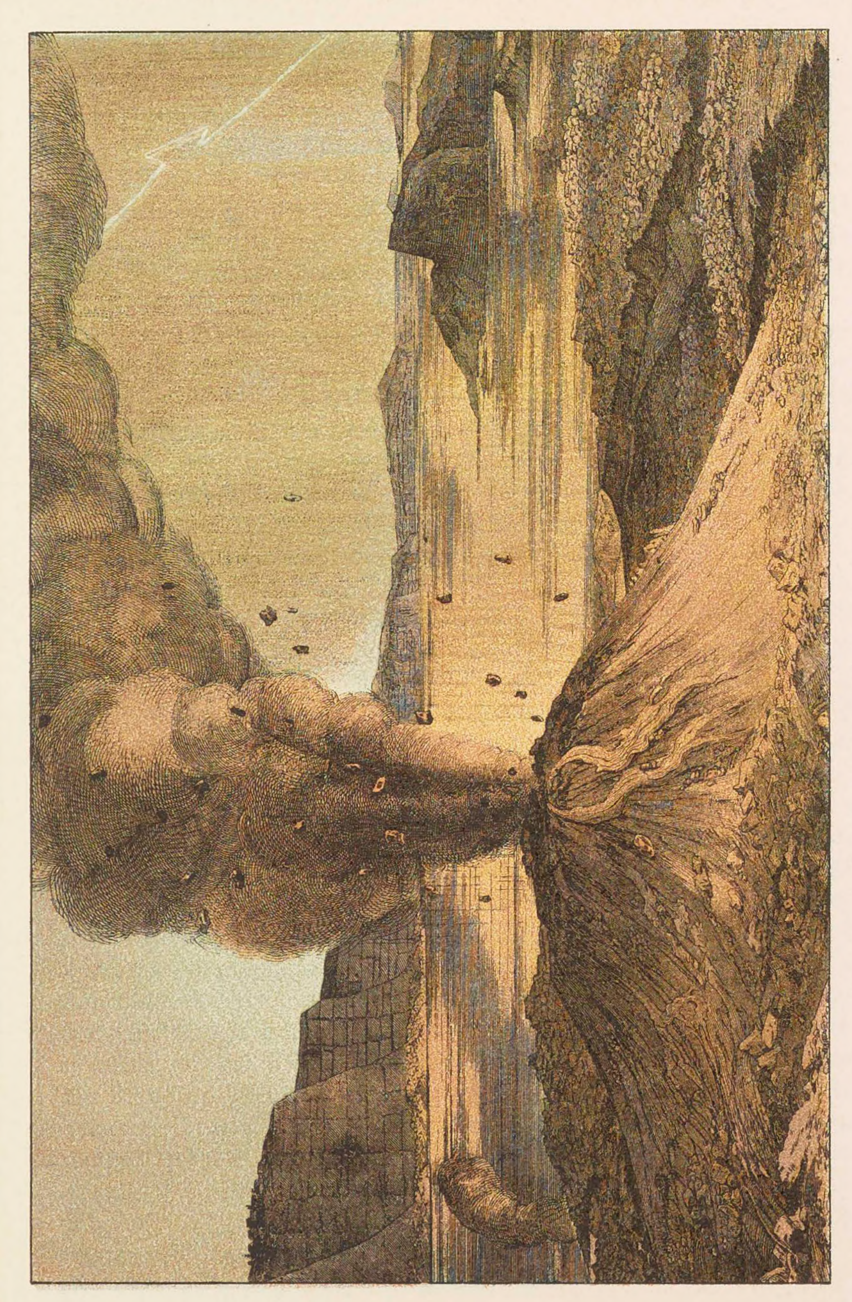


Fig. 21. Ausbruch des Georg-Vulkans 1866 im griechischen Archipel.

Gewöhnlich häufen sich die Auswurfsprodukte in der nächsten Umgebung an. Die Aschen des Vesuvausbruchs im Jahre 79 n. Chr. bedeckten Herculanum und Pompeji; Bomben und Lapilli wie die Lava vergrößerten den Berg um ein beträchtliches. Werden doch die Auswürflinge des Aetna innerhalb eines einzigen Jahres (1864—65) auf 7 Millionen cbm geschätzt. Noch bedeutender aber sind die Massen, welche gelegentlich des Krakatau-Ausbruchs zu Tage gefördert wurden. Sie betrugen nämlich gegen 18 Mill. cbm.

Derartige Ausbrüche haben vielfach Erhöhungen der Berge im Gefolge; jedoch werden durch den Umstand, daß die Lava sich durch die Kraterwände einen Ausweg bahnt, dieselben häufig eingerissen, ja, es kann sogar vorkommen, daß die Hälfte des ganzen Berges in die Luft gesprengt wird (Krakatau im Aug. 1883). Ganz besonders großen Höhenschwankungen unterlag der Vesuv, wie das die Messungen nach bedeutenderen Ausbrüchen ergeben haben.

Wirkungen auf benachbartes Gestein. Vulkanausbrüche bewirken am Nebengestein meistenteils große Umwandlungen. Handelt es sich doch z. B. um das Auftreten von Schwefelsäure (Oxydationsprodukt von schwefliger Säure und Schwefelwasserstoff), welche die Kieselsäure austreibt und durch ihre Verbindung mit den Basen neue Mineralien schafft. Dunkle Gesteine werden gebleicht und in poröse, zerreibliche Tuffe oder tonartige Massen verwandelt (Island, Neapel, Java). Mit diesen Umwandlungen vollziehen sich nicht selten solche von tonähnlichen Massen in Gips (auch Eisenvitriol), teils auf die Weise, daß allmählich faserige Gipsschichten auftreten, teils dadurch, daß die Kohlensäure des Kalkes durch die stärkere Schwefelsäure ersetzt wird (Neapel). Die Lava vermag mitunter in Windeseile den Bergabhang hinabzuschießen; Vertiefungen ausfüllend, wie ein Wasserfall über Hindernisse hinwegstürzend, kann sie sich wie ein Strom teilen oder unten in der Ebene seeartig erweitern. Dabei entweichen fortwährend Gase und Dämpfe — Chlorverbindungen, Wasserdampf, schweflige Säure — unter blasiger Auftreibung der allmählich zäh werdenden Masse. Dadurch und durch den weiteren Umstand, daß die zu einer Decke erhärtete Oberfläche durch neu herausquellende Lava öfter zerrissen wird, erhält dieselbe mannigfaltige Formen. Wie beträchtlich die Lavaströme werden können, das zeigt der von dem Mont Loa auf Hawaii entsandte, 72 km lange, 6 km breite und 80 m mächtige Strom.

Die Vulkane bilden häufig Reihen oder Gruppen. Für erstere Anordnung gibt uns der Aetna ein Beispiel, denn dieser hat im Jahre 1874 auf einer Strecke von 5 km 36 Kegel aufgeworfen.

Hinsichtlich der Gruppen sei auf die phlegräischen Felder (20 unordentlich zerstreute Vulkane) und auf die Gebiete der Eifel und des Laachersees verwiesen.

Was die Verteilung der Vulkane über die Erdoberfläche anbelangt, so tritt uns in dieser Hinsicht eine höchst auffallende Tatsache entgegen. So ist der Große Ozean von einem Vulkankranz umrahmt, der sich an der Westküste Nord- und Südamerikas entlang bis Shetland zieht und sich anderseits über Neuseeland und die Philippinen bis Alaska erstreckt. Ferner finden wir eine Anhäufung von Vulkanen im Mittelmeergebiet und in Südasien (Andamanen, Sunda-Inseln). Wir sehen also, daß sich die Vulkane dem Meere entlang hinziehen oder es umsäumen. Die Vulkane der Eifel und Auvergne machen insofern keine Ausnahme, als früher sich das Meer bis dorthin erstreckte.

Vulkanfrei sind die ausgedehnten Kontinentflächen Nordeuropas, Nordasiens, das östliche Nord- und Südamerika sowie große Teile Afrikas.

Diese merkwürdige Verteilung gab zu denken Anlaß, und man hat auch einen Erklärungsgrund gefunden. (Vergl. Seite 34.)

Von den unterseeischen Vulkanen sei der Stromboli, aus einer Tiefe von 2300 m aufsteigend (Höhe 926 m), und der Mont Kea mit 4204 m Höhe (aus einer Tiefe von 6000 m) erwähnt. Im allgemeinen haben solche unterseeische Vulkane, deren Zahl übrigens sehr groß ist, kurzen Bestand, vermögen also den Meereswogen wenig Widerstand zu bieten. Die Ausbruchserscheinungen gleichen jenen der kontinentalen Vulkane; ihre verheerenden Wirkungen zeigen sich dadurch, daß die Seetiere in größerem Umkreis getötet werden. Auffällig macht sich die große Zahl der herumschwimmenden, von Vulkanen erzeugten Bimssteine.

Maare. In den vulkanischen Gegenden der Eifel und der Schwäbischen Alb treten eine Anzahl von kesselartigen Kratereinsenkungen auf. Sie sind von einem Ring von Aschen und vulkanischen Steinen umgeben. Die Wälle sind niedrig aber steilwandig; häufig ist der ebene Boden mit Wasser gefüllt. Diese kleinen Seebecken führen den Namen Maare und veranschaulichen das erste Stadium in der Entstehung eines Vulkans (Fig. 22).

Solfatoren, Fumarolen, Mofetten. Den Ausbrüchen eines Vulkans kann eine jahrhundertelange Ruhepause folgen (Vesuv). Selbst in sog. erstorbenen Vulkanen, von deren Tätigkeit jegliche Ueberlieferung fehlt, treten noch heute Zeugen einstiger Eruptionen zu Tage. Es sind das die Solfatoren, Fumarolen und Mofetten.

Mit Solfatoren bezeichnen wir Ausströmungsstellen von Schwefelverbindungen (Solfatore, ein alter Krater bei Neapel).

Fumarolen sind Ausströmungsstellen von Wasserdampf. Neapel, Nationalpark.

Aus Mofetten dringt Kohlensäure, wie z. B. in der Hundsgrotte bei Neapel und an unzähligen Stellen der Eifel und des nördlichen Böhmens, wo sie frei oder als Sauerquelle zum Vorschein kommt. Einzelne von diesen Quellen geben alljährlich gegen 12 000 cbm Kohlensäure an die Atmosphäre ab.

Massige Vulkane. Während die geschichteten Vulkane auf eine größere Zahl von Ausbrüchen und ein allmähliches Entstehen schließen lassen, sind die sog. massigen Vulkane, die gewöhnlich glocken-, kuppen- oder auch domförmig sind, wohl mit einem Male entstanden. Auf dieses plötzliche Entstehen deuten die Formverhältnisse wie Säulen (Basalt) und Schalen (Phonolith) hin; das Festwerden wurde nicht unterbrochen. Gewöhnlich handelt es sich um Trachyt-, Phonolith- und Basaltkuppen, um Berge von gleichartigem Gestein ohne Krateröffnung und mit verstopftem Eruptionskanal (Drachenfels, Milleschauer, Landeskrone). Nicht selten haben die flüssigen Massen die Erdoberfläche nicht erreicht, sondern dieselbe nur gewölbt, da sie zu unterirdischen Kuppen erstarrt sind. Man spricht in diesem Falle von Lakkolithen (Fig. 23).

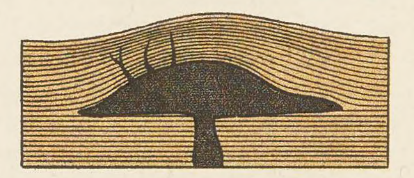


Fig. 23. Ein Lakkolith.

Bisweilen breiten sich die an die Oberfläche gelangten Massen deckenartig aus, ihr meist stielartiger Eruptionskanal ist in diesem Falle nachweisbar (Meißner, Stolpener Schloßberg).

Durch die vulkanische Tätigkeit wird die Erdoberfläche stofflich verändert und an Material bereichert, welches nach und nach verwittert. Hierin liegt eine für die Pflanzenwelt nicht zu unterschätzende Bedingung für einen fruchtbaren Boden. Ganz besonders trifft das inbezug auf die Asche zu. Das zeigen uns die Vulkaninseln Griechenlands, Kampanien und die Südküste von Java.

Worin liegen nun die Ursachen vulkanischer Ausbrüche? Wie schon auf Seite 23 erwähnt, nimmt man peripherisch gelegene Magmaherde an, welche mit dem Erdinnern in keinem Zusammenhange mehr stehen. Sie sind reich an Gasen und von Gestein umgeben. Für die massigen Vulkane dürften Volumenvergrößerungen des Magmas eine Erklärung geben. Bei den Stratovulkanen spielt das Wasser, das sowohl in die Eruptionskanäle als auch durch die Spalten und Klüfte eindringt, jedenfalls eine große Rolle. Dadurch findet auch die merkwürdige Tatsache des Auftretens von feuerspeienden



Fig. 22. Maar in der Eifel.

Bergen an Meeren eine interessante Beleuchtung; denn wahrscheinlich dringt Wasser durch verborgene Spalten in die Vulkane ein, um sodann als Dampf seine gewaltigen Einflüsse auf die Eruption geltend zu machen.

Erdbeben.

Schon durch das Einstürzen von unterirdischen Höhlen können Erderschütterungen entstehen. Wenn diese auch nur von lokaler Bedeutung sind, so dürfen sie doch in ihren verheerenden Wirkungen nicht unterschätzt werden. Gewöhnlich haben diese Erscheinungen in der Tätigkeit des Wassers ihre Ursache. (Siehe Mineralogie unter Gips!)

Weit ausgedehnter und furchtbarer in ihren Folgen sind die durch den Vulkanismus bewirkten Erderschütterungen. Jede Eruption bedeutet auch ein Erdbeben, das sich mehr oder weniger weit im Umkreis des Vulkans bemerkbar macht. Man hat sogar schon beobachtet, daß Ausbrüche des Hekla Erderschütterungen in Skandinavien verspüren lassen.

Erdbeben können auch entstehen, wenn sich die bereits erwähnten Magmaherde ausdehnen und gegen die Erddecke drücken, ohne sie zu durchbrechen. Die meisten Erderschütterungen haben jedoch ihre Ursache in der noch fortwährend stattfindenden Zusammenziehung der Erde.

In vielen Fällen handelt es sich bei den Erdbeben gewöhnlich um senkrecht gerichtete Stöße. Sie verursachen außerordentlich großen Schaden, schleudern Steine und Häuser in die Luft und werden vieler Menschen Untergang. Von dem Gebiete, das durch einen solchen Stoß betroffen wurde, gehen wellenförmige Bewegungen aus, und zwar sind dieselben sowohl am Erdboden als auch namentlich an Wäldern gut sichtbar. Sie gleichen den Wellen des Wassers, die durch einen hineingeworfenen Stein hervorgerufen werden, und nehmen allmählich ab. Weil diese Erdbeben von einem Zentrum ausgehen, so nennt man sie auch *zentrale* (Erdbeben von Lissabon 1755). Die sich nur nach einer Richtung ausdehnenden werden im Gegensatz hierzu *lineare* Erdbeben genannt.



Fig. 24. Spalte am Monte Sant' Angelo in Kalabrien, entstanden beim Erdbeben im Jahre 1783.

Um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Dauer zu bemessen, sowie auch um die leiseste Erderschütterung anzuzeigen, bedient man sich eines sog. Erdbebenmessers (Seismometer). Darnach hat man festgestellt, daß die Geschwindigkeit bis zu 13 300 m in der Sekunde betragen kann. Die Dauer des Erdbebens richtet sich nach der Zahl der Stöße, die wiederum zwischen einer geringen Zahl und mehreren Hunderten schwanken kann. Mitunter können die Erdbeben in einem bestimmten Gebiet wochen-, monate-, ja jahrelang mit kurzen Unterbrechungen anhalten (Erdbebenschwärme). Wie weit sich ein Erdbeben fortpflanzen kann, hat uns Lissabon gezeigt. Nach den damaligen Aufzeichnungen wurde ein Gebiet von 100 000 Quadratmeilen betroffen. Nach unsern Seismometern pflanzen sich übrigens große Erdbeben über die ganze Erde fort.

Furchtbar und gewaltig sind die Wirkungen der Erdbeben. Lissabon wurde in fünf Minuten gänzlich zerstört. Das Erdbeben in Ecuador (1868) forderte in fünfzehn Minuten 70 000 Menschenleben, in Chios stürzten am 3. April 1880 14 000 Häuser ein. Wie ungeheuer dabei die Erschütterungen sind, zeigt sich in der Tatsache, daß große Felsmassen in die Täler stürzen und Verschiebungen, Spalten und Risse (Fig. 24), mitunter bis zu mehreren Kilometern Länge (Japan) entstehen und Verwerfungen zur Folge haben. Nicht selten dringen aus solchen Klüften mit großer Gewalt erhebliche Wassermassen.

Geringer in ihren Folgen sind die Seebeben, soweit sie auf offenem Meere stattfinden. Jedoch können auch an den Küsten große Verheerungen dadurch entstehen, daß das Meer zurücktritt, um mit voller Wucht wieder gegen das Ufer zu tosen. Auf diese Weise werden Schiffe landeinwärts getragen und Dörfer und Städte überflutet und zerstört.

Ueberblickt man die Verteilung der Erdbeben über die einzelnen Gebiete der Erde, dann fällt es auf, dass vor allem die Gebirgsgegenden und die gebirgigen Küsten heimgesucht werden; hingegen bleiben die großen Ebenen und Binnenländer wie Rußland und Norddeutschland hiervon verschont. Diese Tatsache legt es nahe, in dem Faltungsprozeß der Erde den Anlaß zur Entstehung des Erdbebens zu suchen. In welcher Weise dieser Prozeß verläuft, werden uns die nächsten Abschnitte lehren.

Die Abkühlungserscheinungen der Erde und die damit Hand in Hand gehende Zusammenziehung der Massen bringen Spannungen und Berstungen mit sich. Schollen, die voneinander getrennt werden, haben das Bestreben, in die Tiefe zu sinken. Dies gelingt ihnen jedoch nur, wenn anderwärts Faltungen und Erhebungen eintreten; denn dadurch wird erst Raum geschaffen und der gegen diese Schollen gerichtete Druck aufgehoben. Nun entstehen die als Gruben- und Kesselbrüche bekannten Senkungen. Der größte Teil

der Erdoberfläche ist auf diese Weise gesunken und wurde vom Wasser, den Ozeanen, erfüllt.

Aber auch auf den emporgepreßten Schollen, den Kontinenten, sind Versenkungen zu beobachten, wie uns das der Absturz der Alpen in die lombardische Ebene oder jener des Erzgebirges in das nordböhmische Tiefland unter andern zeigen. Die durch das Brechen, Reißen und Fallen der Erdschichten entstehenden Erschütterungen des Bodens nennt man tektonische Erdbeben.

Heiße Quellen.

Ebenfalls vulkanischen Ursprungs sind die heißen Springquellen (Geisers). Wahrscheinlich kommen dieselben aus ganz beträchtlichen Tiefen. Bekanntlich lösen sich in warmem Wasser erheblich größere Quantitäten von Salzen (Kochsalz bildet eine Ausnahme) als im kalten. Und so zeigt es sich auch, daß schon unsre Thermen (wie Baden-Baden 86°, Karlsbad 75°, Teplitz 37° u. s. w.) das Nebengestein stark auslaugen und in gelöster Form große Mengen von Karbonaten, Sulfaten, Eisenoxydulen wegführen (Karlsbad z. B. alljährlich etwa 50 000 Zentner Glaubersalz). Unsre heißen Quellen, von denen die in dem Vulkangebiet des Hekla liegenden sowie die auf Neuseeland und im Nationalpark am Yellowstone erwähnt seien, scheiden große Mengen von Kieselsinter ab (Fig. 25). So zeigt ein Isländer Geiser einen 4 m hohen Kegel von ca. 40 m Durchmesser (in dem Gipfel desselben ist ein Becken von 1,5 m Tiefe und 18 m Durchmesser), den er allmählich aus Kieselsäure aufgebaut hat. Gewaltige Ablagerungen von Kraterkesseln, Terrassen, Kuppen, Quellröhren weisen die genannten amerikanischen Quellen auf und zwar kommen die Abscheidungen von Kieselsinter unter Beihilfe von Algen zustande.

Die Ausbrüche heißer Quellen beginnen damit, daß aus der mit Kieselsinter polierten, vom Becken in die Tiefe führenden Röhre unter donnerähnlichem Rollen und Erschütterungen ca. alle 24 Stunden heißes Wasser in das gefüllte Becken fließt. Dort fängt es an zu wallen und zu kochen bis mit einem Male unter Zischen eine in Dampfwolken gehüllte Wassersäule gegen 60 m in die Höhe geschleudert wird. Höchst wahrscheinlich



Fig. 25. Die Sinterterrassen des Tetarata-Sprudels in Neuseeland. (Nach Hochstetter.)

wird das Wasser in größeren Tiefen über 100° erhitzt. Durch die darüber liegenden Wassermassen kommt es jedoch unter einen so hohen Druck, daß es sich nicht in Dampf verwandeln kann. Nimmt jedoch die Wärme fortgesetzt



Fig. 26. Sinterkegel des Beehive-Geisers (Yellowstone-Park).

zu, wird also schließlich auch die Temperatur erreicht, bei welcher selbst unter so hohem Druck Dampfbildung eintritt, dann erfolgt das Herausschleudern der Wassermassen.

Gebirgsbildung.

Hebungen und Senkungen des Bodens.

Noch heute finden Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche statt. Dieselben sind jedoch so unbeträchtlich, daß sie im Innern des Festlandes überhaupt nicht und an den Küsten nur innerhalb längerer Zeiträume nachgewiesen werden können. Ein bekanntes Beispiel für Hebung des Landes zeigt uns die Küste Skandinaviens (Bergen), und zwar beträgt die höchste Hebung über 200 m. Den Nachweis für diese Niveauveränderungen liefern die in den Sand-

und Tonablagerungen auftretenden marinen Tierreste. Aus den angestellten Messungen (eingehauene Wassermarken) ergab sich eine Hebung von 1,40 m im Laufe eines Jahrhunderts.

Senkungen zeigen unsre Ost- und Nordseeküste — von Holland ist in den letzten 500 Jahren die ganze Fläche des Zuider-Sees gesunken — der Süden von Grönland und die Bretagne. Einen Beweis für ozeanische Senkungen liefern uns die Bauten der Korallen. Von diesen Tieren ist bekannt, daß sie nur bis zu einer Tiefe von 40 m existieren können. Daraus nun, daß die Korallenbauten in bedeutenden Tiefen angetroffen werden, kann man auf eine Senkung des Bodens schließen. Die kleinen Wesen starben ab, sobald sie unter 40 m gerieten und andre Generationen bauten weiter nach oben.

Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche und die damit bedingte Verteilung von Wasser und Land haben sich in der Geschichte der Erde vielfach wiederholt und zwar spielten sich diese Prozesse nicht plötzlich, sondern allmählich ab.

Dasselbe trifft auch zu hinsichtlich der Bildung tektonischer Gebirge. Im allgemeinen entstehen Gebirge auf drei Arten. 1. Durch Erosion aus Hochplateaus. 2. Durch den Vulkanismus, indem sich Magma, aus dem Erdinnern kommend, anhäuft (Massengebirge). 3. Durch die Abkühlung der Erde (tektonische Gebirge). Die letzte und zugleich häufigste Art von Gebirgsbildung beruht auf einem Faltungsprozeß, und zwar werden die Massen durch Seitendruck gehoben oder gefaltet. Wir haben die Erde früher einmal mit der Haut eines ausgetrockneten Apfels verglichen. Wenn der Apfel trocknet, wird die Schale zu weit, faltet sich und sinkt dem Apfelfleische nach. Ebenso verhält es sich mit der Erdrinde. Sie wird aber in ihrem Bestreben, dem Kerne nachzusinken, durch seitlichen Druck gehemmt und dadurch ist ein Ausweichen nach oben bedingt. (Man drücke gegen ein aufgeschlagenes Buch von beiden Seiten!) Eine nachträgliche Glättung der Falten würde, wie beim Apfel, ein Zuviel an Hülle ergeben. So hat man berechnet, daß die Ausglättung der Alpen eine Strecke von 120 000 m Breite ergeben würde.

Schichtung und Faltung.

An jedem Bache und Graben kann man beobachten, daß Sand und lehmiger Schlamm abgesetzt werden. Durch Wiederholung dieses Vorgangs entstehen parallele Anlagerungen. Im großen finden wir

diesen Vorgang im Meere wieder; dort entstehen Riesenschichten, welche, wenn hoher Druck sie verfestigt hat, geschichtete Gesteine genannt werden. Bilden sie Gebirgsglieder oder Gebirge (Sandstein), so unterscheiden sie sich von den massigen Gebirgen (Granit-, Syenit-, Basaltgebirge) durch eine regelmäßige Reihenfolge aufeinander lagernder Schichten. (Dasselbe ist auch bei solchen Schichten der Fall, welche ihr Dasein der chemischen Wirksamkeit des Wassers verdanken.)

Unter einer **Schicht** verstehen wir eine plattenförmige, von parallelen Flächen begrenzte Gesteinsmasse sedimentären Ursprungs (Fig. 27). Die sog. Schichtflächen, d. s. Begrenzungsflächen, weisen in ihrem charakteristischen Parallelgehen auf die verschiedenen Unterbrechungen der Niederschlagsarbeit hin. Man bezeichnet die Grenze

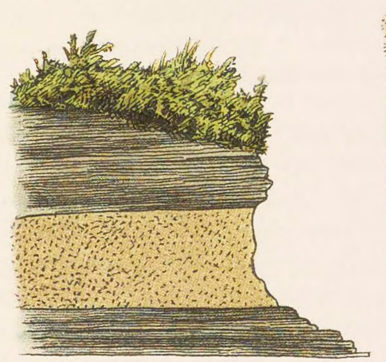


Fig. 27. Schicht.

Fig. 28. Steil aufgerichtete Schicht.

nach der jüngeren, oberen Schicht hin als Dachfläche, die Begrenzung nach der älteren, unteren als Sohlfläche. Die obere Schicht heißt das Hangende, die untere das Liegende.

Gewöhnlich zeigt sich auch innerhalb der Begrenzungsflächen eine Parallellagerung von Schichten und zwar kann man solche Flächen entweder an der Färbung oder an der leichten Spaltbarkeit u. a. erkennen.

Kalk- und Sandsteinschichten (vergl. Mineralogie!) weisen außerdem zwischen den einzelnen Lagern dünne Belege von Letten und Ton auf.

Die Mächtigkeit einer Schicht nennen wir den senkrechten Abstand der beiden Begrenzungsflächen, also die Dicke der Schicht. Mehrere zusammengehörende Schichten bilden ein Schichtensystem.

(Nach der Art der Gesteine oder der eine Schicht bildenden Mineralien spricht man von Bänken, Flözen, Lagern, Riffen). Das Ausgehende einer Schicht nennt man die Stelle, wo die Schicht in horizontaler Lage zu Tage tritt, ist sie steil aufgerichtet (Fig. 28), so spricht man von einem Schichtenkopf.

Nur in seltenen Fällen sind die Schichten in der Lage, in der sie sich abgesetzt haben, erhalten geblieben. Vielmehr wurden durch die fortschreitende Abkühlung der Erde Faltungen und Knickungen, Aufrichtungen und Verwerfungen hervorgerufen. Durch allmähliches Aufrichten kann die Schichte steil aufrecht stehen, durch weitere Bewegung kann sie sogar überkippen, so daß das ursprünglich Liegende zum Hangenden wird, die älteren Teile über die jüngeren zu liegen kommen.

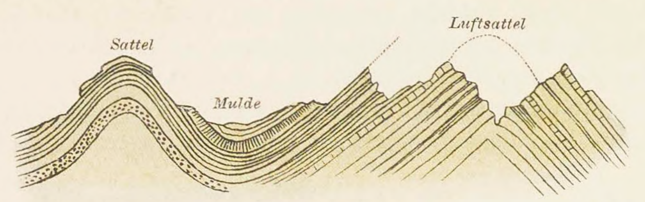


Fig. 29. Mulde und Sättel.

Faltungen sind Auftreibungen von Schichten, bewirkt durch seitlichen Druck. Es können sowohl die Randzonen als auch die mittleren Teile aufgetrieben werden. Auf diese Weise entstehen Mulden und Sättel (Fig. 29), und zwar muß jede Schichte, gleichgiltig, ob sie in der Mulde oder im Sattel liegt, zweimal auftreten. Sattel und Mulde geben zusammen eine Falte, mehrere Falten ein Faltensystem.

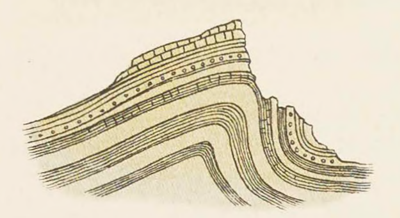


Fig. 30. Schiefe Falte.

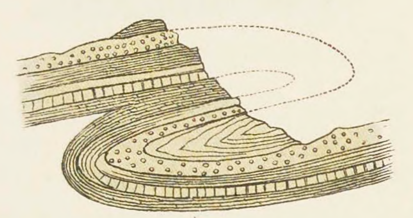


Fig. 31. Liegende Falte.

Je nach der Lage solcher Falten spricht man von stehenden, schiefen und liegenden Falten (Fig. 30 und 31). Im letzteren Fall tritt dieselbe Schichte dreimal (in umgekehrter Reihenfolge) auf. Derartige Bildungen sind in den Alpen nichts Seltenes. Die Falten erreichen eine Ausdehnung von mehreren Kilometern und verhalten sich hinsichtlich der Zusammensetzung der Schichtung den zerstörenden Wassergewalten gegenüber ganz verschieden.

Häufig werden durch Verwitterung die oberen Teile der Sättel zerstört und abgetragen, dann spricht man von Luftsätteln (Fig. 30). Das Ganze macht dann den Eindruck einer mächtigen Reihe regelmäßiger Schichten.

In Wirklichkeit hat man es mit gefalteten, zusammengepressten Schichten zu tun. Durch weitere Zusammenschiebung entstehen fächerförmige Schichten (Zentralalpen, Fig. 32).

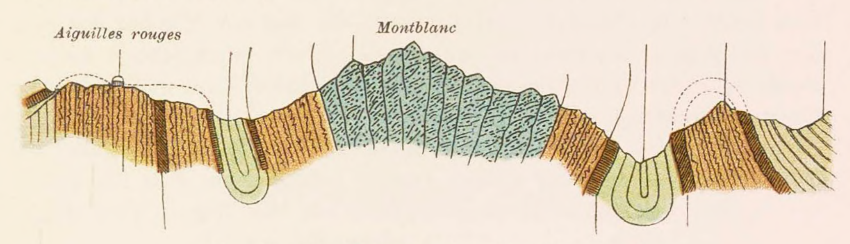


Fig. 32. Profil durch den Montblancstock.

Eine Abbiegung (Flexur) kommt zustande, wenn von einer Schichte ein Teil absinkt, ohne daß der Zusammenhang gestört wird. Dabei büßt die Verbindungsschichte durch Quetschung an Mächtigkeit ein.

Zerreißt das Verbindungsband, dann geht die Flexur in eine **Verwerfung** (Fig. 33) über. Diese ist nichts andres als ein Bruch, welcher mit dem Nachsinken der Erdrinde gegen den Kern und in der Faltung von Gebirgen und der damit Hand in Hand gehenden Zerreißung ihren Grund hat. Die Größe des Abstandes der durch Verwerfung getrennten Schichten nennt man Sprunghöhe. Dieselbe kann nur einige Zentimeter, aber auch mehrere Meter, ja sogar 100 m ausmachen. Zu den Verwerfungen rechnet man auch die sog. Grabenbrüche (Oberrhein, vergl. Seite 66).

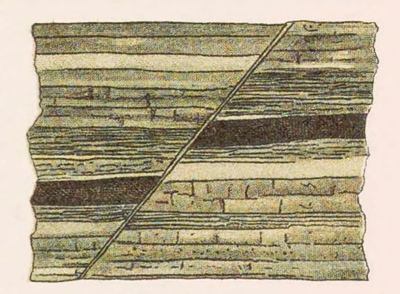


Fig. 33. Verwerfung.

Eine nicht seltene Erscheinung sind die **Ueberschiebungen** (Fig. 34). Aeltere Gebirgsteile werden über jüngere hinweggeschoben,

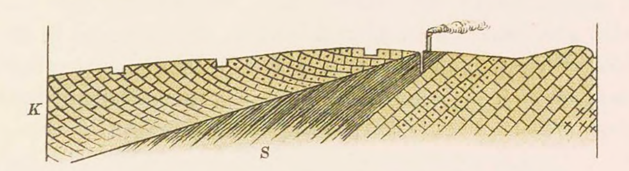


Fig. 34. Ueberschiebung von Kohlenkalk (K) über Steinkohlenformation (S).

wie das z. B. auf der Linie Aachen-Lüttich-Bologne der Fall ist, wo die Schichten der Steinkohlenformation durch ältere Schichten bedeckt sind.

Reich an Beispielen von Ueberschiebungen sind sodann die Alpen.

Die Schichten können gleichförmig (konkordant) oder ungleichförmig (diskordant) überlagert sein (Fig. 35). In ersterem Fall findet eine Parallel-Lagerung statt, die jüngere Schichte war all den Störungen unterworfen, welche die ältere mitzumachen hatte. Beide Schichten unterscheiden sich nur hinsichtlich ihrer geologischen Zusammensetzung. Ihre Schicksale waren die gleichen. Ist die Ablagerung eine ungleichförmige, dann tritt an Stelle der parallelen Schichtung eine beliebig andre. Daraus geht hervor, daß zur Zeit, wo die ältere Schichte Störungen erlitten hat, die jüngere noch nicht vorhanden war.

Fig. 35. Ungleichförmige (diskordante) Ueberlagerung.

Die Schichten legen Zeugnis ab von ihrer Vergangenheit. Sie sagen uns, ob sie sich im Süßwasser gebildet oder aus dem Meere niedergeschlagen haben, ja sie erzählen uns sogar, ob sie einmal oder öfter unter dem Drucke des Weltmeeres standen. Gar oft wurden die Grenzen von Meer- und Festland verschoben; das bestätigen uns nicht nur die Sedimente, sondern auch noch andre Zeugen und zwar vor allem die Tier- und Pflanzenwelt. Die tierischen Ueberreste (in den Sedimenten) geben uns Aufschluß darüber, ob wir es mit einer Land- oder Meeresfauna zu tun haben, ob also die betreffende Schichte zu einer bestimmten Zeit über oder unter Wasser war. Solche Ueberreste sind uns unter den verschiedensten Umständen erhalten geblieben. Entweder sie verkohlten (Pflanzen) oder es wurde das ganze Gebilde, das organische Gewebe, durch Kalk oder Kieselsäure unter Beibehaltung der Form ersetzt. Häufig wurde auch von dem betreffenden Tier (Pflanze) ein Abdruck hinterlassen, der später mit Mineralsubstanz ausgefüllt wurde, also gleichsam einen Abguß bildete. Ferner sind in Muscheln und Gehäusen (leer oder ausgefüllt) wertvolle Zeugen erhalten geblieben und endlich — doch das ist der seltenere Fall — finden sich vollständige Pflanzen und Tiere oder Teile hiervon.

II. Historische Geologie.

Abgesehen von dem minimalen Zuwachs durch die Meteoriten hat die Masse der Erde einschließlich ihrer Atmosphäre weder zu noch abgenommen. Hingegen wurde dieselbe, wie wir bis jetzt gesehen haben, großen Umgestaltungen unterworfen. Auf die Krustenbildung folgte das durch den Vulkanismus unzähligemal gestörte Stadium der Panzerschichte. Gewässer und Atmosphärilien haben das ihre dazu beigetragen, die Erde so zu gestalten, wie sie heute aussieht. Aus Altem entstand fortwährend Neues, und sonach muß jede jüngere Sedimentärschichte ihr Dasein älteren Schichten verdanken, soweit sie nicht das Material vulkanischen Gesteinen entnahm. In letzter Hinsicht ist dieses stets ungeformte Material großenteils das Material der an Silikaten so reichen Panzerdecke, von der uns nichts mehr zu Gesicht kommt. Ob die Gneise und Lagergranite dieser Decke entstammen, das ist eine von den Fragen, die noch ihrer Lösung harren. Jedenfalls aber darf man eine Auflagerung auf die Panzerdecke annehmen.

Die Urzeit.

(Archäische Zeit von archaios = uranfänglich.)

Diese Formationsgruppe besteht aus kristallinischen Gesteinen und zwar überwiegend aus Gneisen und kristallinischen Schiefern, wie Glimmerschiefer und Urtonschiefer. Außerdem finden sich Eruptivgesteine wie Granit, Syenit und Diorit, ferner kristallinischer Kalk, Quarzite, Chlorit- und Hornblendeschiefer und der den Gneisen nahverwandte Granulit (Schwarzwald, Glauchau und Roßwein i. S.).

Mit Rücksicht auf das vorherrschende Gestein teilt man das Urgebirge ein in die **Urgneisformation** und die **Urschieferformation.**

Es ist nach dem bereits Gesagten als selbstverständlich anzunehmen, daß wir die Schichten des Urgebirges nicht mehr in ihrer ursprünglichen Horizontallagerung antreffen, und daß die tektonischen Verhältnisse äußerst verwickelt sind. Die Schichten, welche häufig sedimentär überlagert oder von jüngerem vulkanischem Gestein bedeckt wurden, treten nur dann hervor, wenn das Wasser die Decken wieder entfernt hat.

Leitfossilien sind uns nicht erhalten geblieben. Ob in diesem Zeitalter überhaupt Organismen vorkommen, das ist eine viel umstrittene Frage, die in neuester Zeit manche Forscher wieder in bejahendem Sinn zu beantworten versuchen.

Geographische Verbreitung. Wie erwähnt, ist die Verbreitung des Urgebirges, speziell des Gneises, eine sehr große. Da haben wir, um deutsche Gneisdistrikte anzuführen, das Erzgebirge, Fichtelgebirge, den Kyffhäuser, das Riesengebirge, den Böhmerwald (Böhmen) und Bayrischen Wald, den Spessart, Odenwald und die Vogesen. Weitere Gneiskomplexe sind die Zentralalpen und das skandinavische Gebirge.

Gesteine und Erze der Formation. Ueberaus reich ist der Gehalt an nutzbaren Mineralstoffen, an Gesteinen sowohl wie an Erzen. Hinsichtlich der ersteren ist vor allen der kristallinische Kalk nebst Marmor zu erwähnen. Dieser wird in zahlreichen Kalksteinbrüchen ausgebeutet und weist außerdem einen großen Reichtum an Mineralien wie Granat, Turmalin, Epidol u. a. auf. Graphit sodann bildet Lager (Schweden, Ural), Stöcke oder auch Flöze (Niederösterreich).

An Metallen sind an erster Stelle zu erwähnen mächtige Erzlager von Magneteisen, Kupferkies, Zinkblende, Schwefelkies (in Tennesse) Bleiglanz, Eisenkies (Schwarzenberg im Erzgebirge), Arsenkies; Gold in Quarz eingesprengt und gediegenes Silber. Besonders reich an Ablagerungen der Urzeit ist das Erzgebirge wie das z. B. die zinnerzführenden Gänge (Geyer und Zinnwald), die Rot- und Brauneisensteinvorkommnisse und vor allem die Zone Meißen—Joachimstal beweisen. (Vergl. Mineralogie!) Was die Edelsteine Diamant, Rubin, Saphir, Smaragd etc. anbelangt, so sind dieselben großenteils, wie wir wissen, aus ihrer primären Lagerstätte verdrängt worden und häufig in sekundärer zu finden. Ihre Heimat ist ebenfalls im Urgebirge zu suchen.

Die paläozoische Zeit. Das Altertum der Erde.

Den Einwirkungen des Wassers gelang es im Laufe ungeheuer großer Zeiträume aus dem Gestein des Urgebirges neue Trümmer und Schichten zu bilden. Es entstanden Grauwacken, Tonschiefer, Sandsteine, Konglomerate etc. Häufig aber wurden diese sedimentären Ablagerungen der paläozoischen Zeit durch den Faltungsprozeß gestört und von Eruptivgesteinen wie Graniten, Diabasen, Porphyren und Melaphyren durchbrochen. Niemals finden sich sämtliche Schichten übereinander vor. Das Klima war zu dieser Zeit wahrscheinlich gleichmäßig mild, wie aus der Gleichartigkeit und Verteilung der Tier- und Pflanzenwelt geschlossen werden kann. Die aus den beiden älteren Formationen stammenden Ablagerungen weisen fast alle auf marinen Ursprung hin. Gegen Ende des Devon entstehen Festländer, auf denen sich Gefäßkryptogamen entwickeln. Eine scharfe Trennung von Land und Meer und ebenso eine Scheidung von marinen und terrestrischen Ablagerungen tritt erst mit der Steinkohlenzeit auf.

Die paläozoische Zeit hat uns die ersten sicheren Reste, großenteils marine, von Tieren und Pflanzen überliefert. Freilich weichen diese ganz beträchtlich von den Organismen der Jetztzeit ab. Im Pflanzenreich begegnen wir Meeresalgen, riesigen Gefäßkryptogamen und später Coniferen, im Tierreich Korallen, Stachelhäutern, Weichtieren und Gliedertieren. Gegen Ende dieses Zeitalters stellen sich die ersten Wirbeltiere und zwar die sog. Panzerfische ein.

Die gesamte Schichtenbildung wird in folgende Formationen eingeteilt:

1. Kambrische Formation, (Cambria, ein alter Name für Wales),
2. Silurische „ (Silurer, ein keltischer Name, nordöstlich von Wales),
3. Devonische „ (Grafschaft Devon),
4. Karbonische „ (Kohlenformation),
5. Permische „ (Gouvernement Perm in Rußland),
   a) Rotliegendes (rote Farbe),
   b) Zechstein (Grubensteine, die Bezeichnung rührt von Mansfelder Bergleuten her).

Die Namen der einzelnen Formationen sind wenig zutreffend und meist nach der Landschaft benannt, in der man die betreffende Schichtung zuerst auffand.

Im nachstehenden sollen die einzelnen Formationen kurz charakterisiert werden. (Kambrische und silurische Formation werden dabei zu Silur zusammengezogen.)

Die Tierwelt des paläozoischen Zeitalters.

Unter den tierischen Ueberresten des Cambriums und Silurs fallen durch ihren Arten- und Individuenreichtum die sog. **Trilobiten** (die Dreilappigen) auf (Fig. 36). Es ist das eine Krebsart, die man etwa mit den Molukkenkrebsen vergleichen könnte. Wie sich aus den bisher aufgefundenen etwa 300 Arten ergeben hat, handelt es sich um eine Gliederung in Kopfbruststücke, Mittelleib und Schwanzstück. Der Kopf besteht aus mehreren Teilen, wovon der mittlere, die Glabella, besonders heraustritt; er kann die einfachen oder zusammengesetzten Augen enthalten. Vielfach fehlen aber auch solche Organe; wahrscheinlich lebten diese Arten in großen Tiefen. Die Verlängerung des halbkreisförmigen Kopfschildes besteht in Stacheln oder Hörnern, ebenso enden die schildförmigen Rumpfsegmente in Stacheln. Ihre ungepanzerte Unterseite konnten diese Tiere durch Einrollen des Körpers schützen. Außer eingerollten Exemplaren trifft man auch solche an, die ihren Körper zusammenklappen konnten. Wie man jetzt mit Sicherheit weiß, besaßen die Tiere eine größere Zahl von Füßen; auch machten sie zahlreiche Häutungen durch. In der Steinkohlenzeit starben die Trilobiten aus.

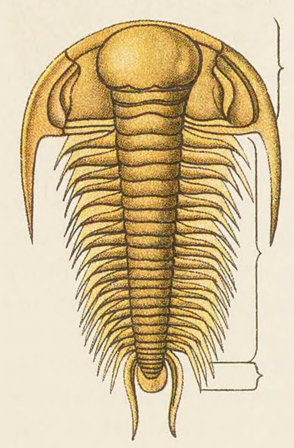


Fig. 36. Trilobit.

Mit dem Namen **Graptolithen** (Fig. 37) hat man eine im Silur lebende Gruppe von Coelenteraten belegt, die sich durch folgende Merkmale auszeichnet. Eine große Zahl von kleinen Individuen, wovon jedes eine Chitinhülle ausschied, sind durch einen Kanal miteinander verbunden, und zwar kann derselbe einfach oder geteilt, gerade, gekrümmt oder spiralig sein. Ueber ihre verwandtschaftlichen Beziehungen und ihre Stellung innerhalb des Tierkreises ist man sich noch nicht klar. Gegen Ende der Silurzeit starben sie aus. Neben den Graptolithen und Kieselschwämmen kommen auch andre Coelenteraten in größeren Mengen vor und zwar riffbauende Korallen (Fig. 38). Weil die Weichteile dieser Tiere durch ein starkes Skelett geschützt wurden, sind uns besonders viel Reste von dieser Klasse erhalten geblieben. Unter

den Skeletten herrschen jene aus kohlensaurem Kalk vor. Die Korallen gehen im Devon einer größeren Formenmannigfaltigkeit entgegen. Ganz besonders fallen durch ihre Häufigkeit die **Calceolidae** auf. Wir haben es mit halbkreisförmigen, tiefen Kelchen zu tun, die Seitenfläche ist breit, der die Schale schließende Deckel hat auf der Außenseite Leisten. Die Gestalt der

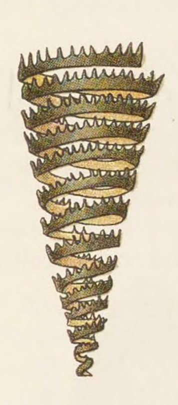


Fig. 37. Graptolith.

Fig. 38. Syringopora cancellata aus dem oberen Silur.

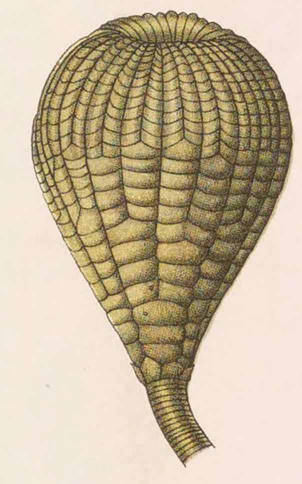


Fig. 39. Ichthyocrinus pyriformis.

Tiere erinnert an die Brachiopoden, zu denen man sie auch lange Zeit gerechnet hat.

Echinodermen. Die Stachelhäuter werden im Silur ganz besonders durch die Seelilien oder Krinoiden (Fig. 39) vertreten, daneben gibt es auch Seeigel und Seesterne. Wohl die meisten Seelilienarten bestehen aus Krone, Kelch und Stiel. Im Kelch, einer getäfelten Kapsel, liegen die Hauptorgane des Tieres. Von ihm gehen die ebenfalls mit Kalkstückchen getäfelten Arme ab, und zwar senden die verschiedenen Hauptorgane Ausläufer und Verzweigungen in dieselben (Blutgefäße, Nerven etc.). Der Stiel ist von dem Nahrungskanal durchzogen und dient zur Verankerung im Schlamme. Stiellose Arten schwimmen frei im Meere. Da sich die Hauptglieder nach dem Tode des Tieres leicht trennen, so ist das massenhafte Vorkommen (mitunter felsbildend) von Bruchstücken derselben leicht erklärlich.

Ein besonders artenreiches Geschlecht bilden die den Mollusken nahe verwandten **Brachiopoden** (Armfüßer). Im Cambrium vereinzelt vorkommend, gelangen sie im Silur und Devon zu hoher Entwicklung (etwa 4000 Arten), um sodann rasch abzunehmen. Gleich

den Muscheln haben sie eine aus zwei Hälften bestehende, mit einem Schloß versehene Schale. Jedoch darf man die beiden Klappen nicht als eine rechte und linke ansehen, sondern muß sich dieselben als eine obere und untere vorstellen. Durch die größere Schale tritt ein fleischiger Stiel, der das Tier befestigt (Fig. 40 und 41, a, b. c).

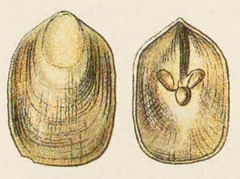


Fig. 40.
Lingula Lewessi.

Verbreiteter noch als die Brachiopoden sind die schalentragenden **Cephalopoden** oder Kopffüßer aus dem Stamme der Weichtiere. **Nautileen** gab es allein 1800 Arten, in der Jetztzeit existieren noch sechs.

Die in der Mittelebene durchschnittene Kammer des in der Gegenwart lebenden Nautilus pompilius zeigt uns eine Aufeinanderfolge von

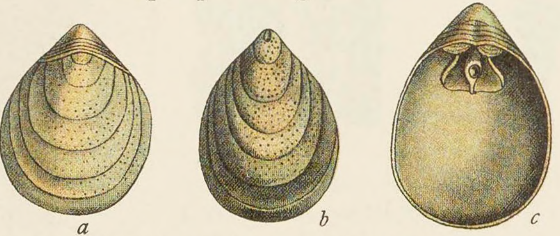


Fig. 41. Siphonotreta unguiculata.
a. Kleinere, b. größere Klappe. c. Innenseite der größeren Klappe.

Kammern, die durch gewölbte Scheidewände voneinander getrennt sind (Fig. 42). Der Nautilus findet sich in der größten, also vordersten Kammer, die übrigen Räume hat er — seinen Wachstumverhältnissen entsprechend — der Reihe nach bewohnt. Die Kammern sind mit Luft gefüllt. In der Mitte einer jeden Scheidewand findet sich eine Oeffnung, durch welche der Siphon, eine Röhre, geht. Er verbindet das Tier mit der letzten Kammer und enthält Blutgefäße. Wahrscheinlich aber barg der viel weitere Siphon der ausgestorbenen Arten einen Teil der Eingeweide. Im Zechstein verbreiteten sich die Brachiopoden wiederholt, vor allen Produktus horridus mit einem ungleichklappigen Gehäuse und röhrenförmigen Anhängen.

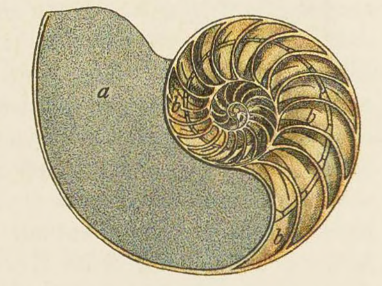


Fig. 42. Durchschnitt der Schale des Nautilus pompilius.
a. Wohnkammer. b. Luftkammern.

Unter den Krustern fallen neben den bereits erwähnten Trilobiten winzige **Muschelkrebse** (Ostrakoden) auf. Ihre Schalen sind nahezu mikroskopisch und finden sich namentlich im Nassauischen und im Harz.

Spinnen, Skorpione und Insekten, Geradflügler (besonders

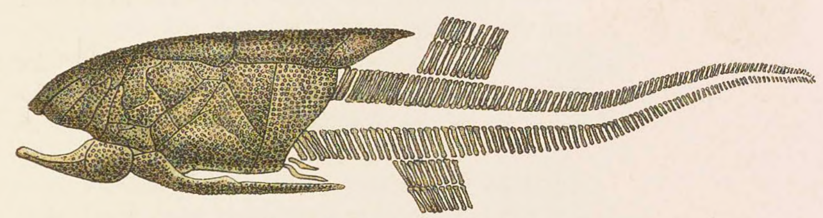


Fig. 43. Coccosteus decipiens.

schabenartige), und Netzflügler erscheinen in der Steinkohlenzeit nur in geringer Zahl.

Die ersten Wirbeltiere stellen sich im Devon ein. Es sind dies haifischartige **Selachier.** Da die Tiere der Knochen entbehrten, also nur Knorpel besaßen, so sind uns an Stelle eines Skelettes nur dürftige Reste erhalten geblieben und zwar Zähne und (knöcherne) Stacheln. Ferner finden sich Verwandte von unsrem Stör. An

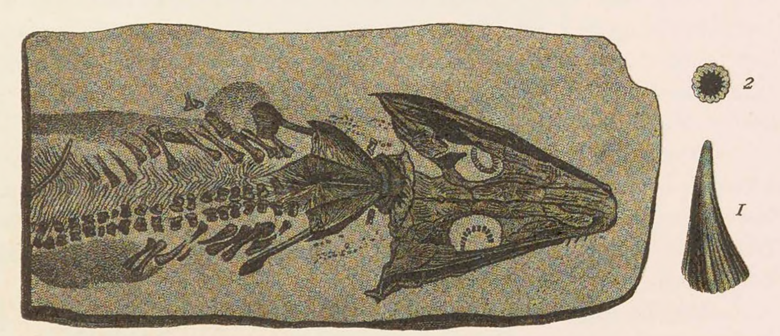


Fig. 44. Archegosaurus Decheni.
1. Zahn, 2. derselbe im Querschnitt.

Stelle der Knochentafeln tragen sie rautenförmige Schuppen mit einem glänzenden Schmelzüberzug (Schmelzschupper). Verschiedene Teile des Skeletts sind bereits knöchern; die Schwanzflosse ist ungleichlappig wie bei den jetzt lebenden Stören und Haien (Fig. 43).

Ganz merkwürdige Tiere sind die sog. Panzerfische. Der Vorderkörper ist unverhältnismäßig groß und mit Knochenplatten

bedeckt, der schmächtige Hinterleib ist gewöhnlich unbeschuppt. Als erste luftatmende Wirbeltiere (Kohlen- und Permformation) stellen sich die **Stegokephalen** ein. Einige gleichen an Größe und Gestalt gewöhnlichen Salamandern, andre den Eidechsen; Archegosaurus (Fig. 44) zeigt Aehnlichkeit mit einem kleinen Krokodil. Die Stegokephalen sind wahrscheinlich die Stammform der Eidechsen.

Im Anschluß an die Molche entwickeln sich die ersten Reptilien. Protosaurus Speneri im Kupferschiefer Thüringens wird als Stammvater der Krokodile angesehen. Die Wirbelkörper (bikonkav) gleichen noch denen der Fische, die Zähne sind bereits eingekeilt.

Was die Urtiere anbelangt, so sind solche uns nur aus der Steinkohlenzeit in größerer Menge und Formenverschiedenheit erhalten geblieben, und zwar handelt es sich um Foraminiferen. Ganz gering sind die Ueberreste dieser ersten Lebewesen der Tierwelt im Cambrium und Silur.

Die Pflanzenwelt des paläozoischen Zeitalters.

Die reichste Entwicklung der Pflanzenwelt fällt in die Steinkohlenzeit, und zwar handelt es sich in überwiegender Mehrzahl um Gefäßkryptogamen (Fig. 48). Es wurde bereits in der Mineralogie hervorgehoben, daß die auf dem Wege der trockenen Destillation entstandenen Steinkohlen diesen Pflanzen ihr Dasein verdanken. (Siehe Mineralogie.)

Die Kalamiten (Fig. 93, Mineralogie) gleichen unsern Schachtelhalmen, besitzen wie diese einen längsgerippten, gegliederten und inwendig hohlen Stamm, der eine Höhe bis zu 12 m erreicht. Die Blätter stehen quirlförmig am Stamm und Zweig, der Fruchtstand ist ährenförmig.

Die Farne sind hauptsächlich Baumfarne (wie sie heute z. B. in den wärmeren Klimaten vorkommen) mit starken, holzigen Stämmen (Fig. 95, Mineralogie).

Als die bedeutendsten Vertreter der Gefäßkryptogamen sind entschieden die Bärlappe, Sigillarien (Fig. 45) und Lepidodendren (Schuppenbäume; Fig. 94, Mineralogie) zu nennen. Letztere sind ganz besonders charakteristisch für die zahlreichen Sumpflandschaften. Sie lieferten infolge ihres Holzreichtums den größten Beitrag zu unsern Steinkohlenflözen. Die weitverzweigten, wiederholt gegabelten Wurzeln der beiden Formen führen den Namen Stigmarien. Ein beson-

deres Merkmal unsrer Bärlappe sind die sog. Blattkissen, das sind Narben, die den 40 m hohen Stamm bedecken, und die von abgefallenen Blättern herrühren. Die kleineren Narben (in der Mitte) zeigen den Austritt der Gefäße in das Blatt an. Ohne Zweifel handelt es sich in der Steinkohlenzeit um eine reiche, üppige, allerdings auch eintönige Sumpfflora. Die Zahl der Arten verschwindet gegenüber unsrer heutigen Flora. Gehören doch gegenwärtig 90 % aller Pflanzen den Dikotyledonen an, demnach einer Pflanzenwelt, die überhaupt noch nicht existierte. An der Bildung der Steinkohlen haben nur Landpflanzen (Sumpfflora), nicht aber Meerespflanzen (Seetange) teilgenommen und zwar in erster Linie Vertreter aus den oben erwähnten Gruppen.

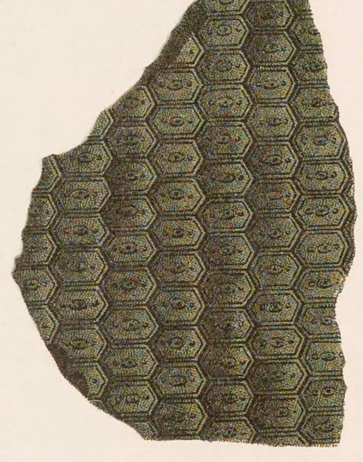


Fig. 45.
Stammstück mit Blattnarben der Sigillaria elegans.

Die Steinkohlenflöze können sich auf zwei verschiedene Arten gebildet haben, entweder aus Pflanzen, die an Ort und Stelle gewachsen sind, oder aus Pflanzen und Pflanzenresten, die in ein Becken zusammengeschwemmt wurden.



Fig. 46. Fruchttragender Zweig einer Walchia.

Wahrscheinlich ist die erstere Bildungsart die häufigste. In diesem Fall ist die Kohle reiner, das Flöz gleichmäßiger, die Blattstruktur besser erhalten geblieben und die Stigmarien strahlen nach allen Richtungen Anhänge aus. Wenn dagegen Ströme nebst großen Massen von Sand und Kies auch Stämme, Wedel und Blätter mit forttrieben, um das Material in einem Seebecken abzulagern, dann mußte wohl eine bunte Vergesellschaftung von verschiedenen Pflanzenresten und Arten zustande kommen. Hiervon geben uns manche Flöze gute Beispiele.

In beiden Fällen aber wurden die Pflanzenreste von Schlamm und Sand bedeckt; denn nur dadurch konnten die zwei für die

Steinkohlenbildung wichtigen Bedingungen — hoher Druck und Luftabschluß — eintreten.

In der Steinkohlenformation treten die ersten Nadelhölzer auf und zwar ist besonders eine Verwandte von Araucaria excelsa, die Walchia piniformis (Fig. 46) zu nennen. Die Aeste sind zweizeilig verzweigt, die Blätter dreikantig und spiralförmig angeordnet. Stämme kennt man nicht.

Gesteine und Erze der paläozoischen Zeit.

a. Sedimentäre Gesteine. Die ältesten Formationen wie Cambrium, Silur und Devon setzen sich aus Ton-, Quarz- und Chloritschiefern sowie aus Grauwacken zusammen. Ferner treten Kalk- und Sandsteine (Devon) auf. Steinkohle und Anthrazit finden sich bereits im Devon; ebenso stammen die großen Petroleumquellen Pennsylvaniens aus dem Devon. Kohlensandstein, Kohlenschiefer, Kohlenflöze, Kohleneisenstein und Kohlenkalk, dazu Grauwacken- und Tonschiefer charakterisieren die Karbonformation.

Die Schichten des Rotliegenden bestehen aus Konglomeraten, Sandsteinen und Schieferletten. Es ist anzunehmen, daß in Deutschland um jene Zeit Wüstenklima herrschte, und die heißen Sonnenstrahlen das wasserhaltige Brauneisen in wasserfreies Roteisen umwandelten. Die Zechsteinformation hat dieselben Gesteine, dazu kommen aber noch Zechstein, ein grauer Kalkstein, Kalk und Kupferschiefer d. i. ein Mergelschiefer mit starkem Bitumengehalt, Erzen und reichen Fischresten, ferner Gips, Steinsalz und Kalisalze.

In die Zechsteinzeit fällt noch die Entstehung der großen norddeutschen Steinsalzlager (Staßfurt). Nicht selten wurden die verschiedenen Gesteine der paläozoischen Periode durch Eruptionen unterbrochen. Im Silur und Devon (aber auch bereits im Cambrium) breiten sich am Meeresgrunde Diabasgesteine aus. (Nassau, Westfalen, Vogtland, Fichtelgebirg.)

b. Eruptivgesteine. Ein besonders bewegtes Zeitalter ist das Karbonische. Hier gehen jene riesigen Faltungsprozesse vor sich, welche die bereits in archäischer und älterer paläozoischer Zeit gebildeten Schichten zu gewaltigen Gebirgen auftürmen. Es entstehen die Ardennen, das Rheinische Schiefergebirge, der Taunus, Odenwald und Schwarzwald, die Vogesen, das Fichtelgebirge, der Frankenwald und Harz und das Erzgebirge. Sie alle wurden zu alpinen Gebirgen emporgehoben, und wenn sie heute in abgerundeten Formen erscheinen und bedeutend an Höhe eingebüßt haben, so wissen wir auch, wo die Ursache zu suchen ist.

Daß mit dem Faltungsprozeß eine Reihe von Ueberschiebungen und Verwerfungen Hand in Hand gingen, zeigen uns ganz besonders deutlich unsre Steinkohlenflöze. (Aachen, Zwickau).

An Ergußgesteinen aus der Karbonformation sind zu erwähnen:

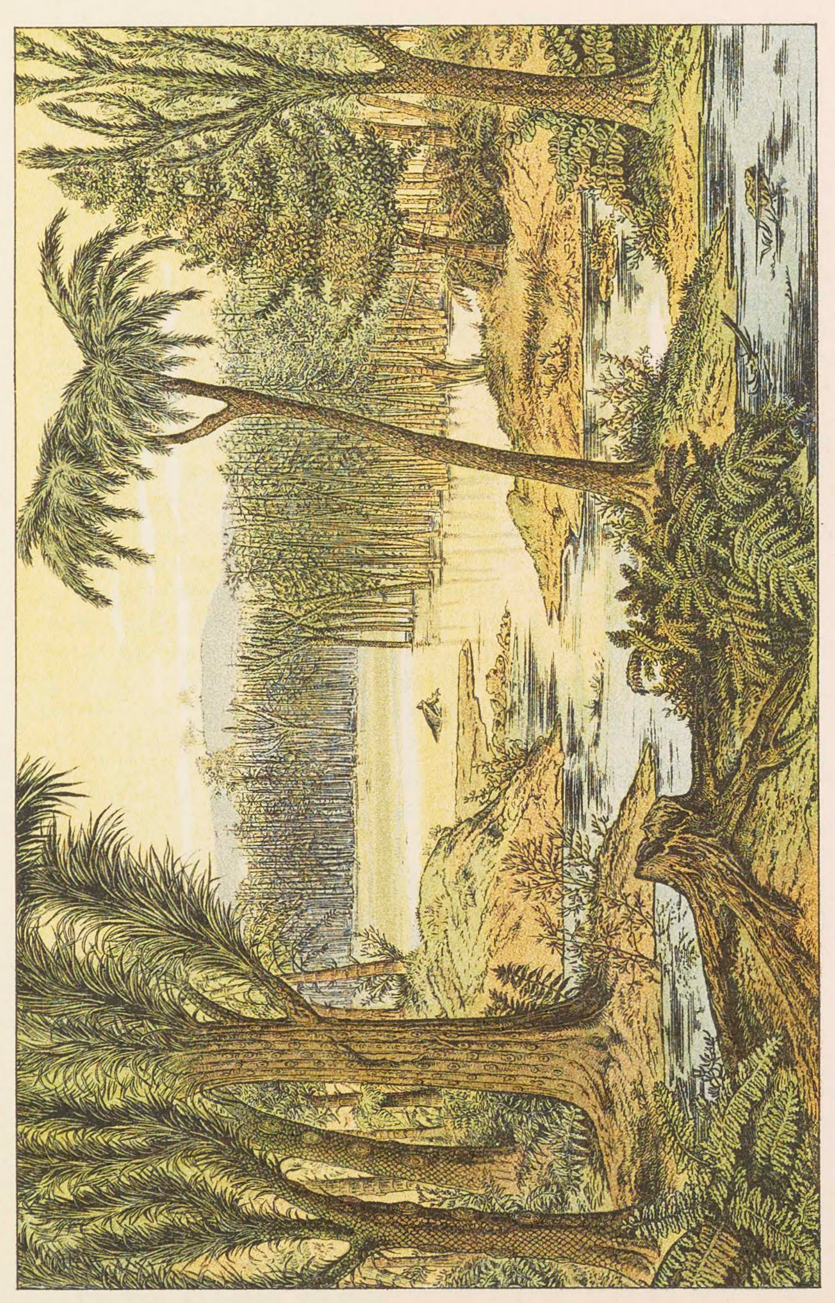


Fig. 47. Ideales Landschaftsbild aus der Steinkohlenzeit.

Diabase (Lahn), Porphyre (Flöha in Sachsen) und Melaphyre (Zwickau). Granitstücke treten als Lakkolithen im Erzgebirge und Fichtelgebirge auf. Dieselben Eruptivgesteine treffen wir auch im Rotliegenden und zwar im Thüringerwald an.

c. Erze. Schon in den ältesten Zeiten der paläozoischen Periode finden wir gediegen Silber und Kupfer, letzteres in bis zu 15 000 Zentnern schweren Massen. Das Silur weist Eisen, Blei- und Brauneisenerz, Zinkerze, Zinkblende und Galmei (Iserlohn), Silber (Andreasberg), Schwefelmetalle, Kupferkies, Eisenkies und Bleierze (Rammelsberg bei Goslar) auf.

Im Karbon sind außer dem bereits erwähnten Toneisenstein (England, Westfalen) auch Blei und Zinkerze hervorzuheben. Das Rotliegende zeichnet sich vor allem durch Manganerze aus (Thüringer Wald und Harz), geringere Bedeutung haben die Quecksilbererze der Pfalz. Eine Reihe von Kupfer- und auch Silbererzen treten mit dem Zechstein im Harz (Mansfeld) in Bickelsdorf (Hessen) und Ilmenau (Thüringen) auf.

Geographische Verbreitung. Die ältesten Schichten der paläozoischen Formation finden sich in Skandinavien. Im Ausland ist die Silurformation am meisten ausgedehnt, vom übrigen Europa kommt Böhmen in Betracht. Von devonischen Landschaften ist innerhalb Deutschlands in erster Linie das Rheinische Schiefergebirge (Rheinpreußen, Westfalen, Nassau) zu nennen. Ferner haben wir Devon im Harz (Goslar) und in Schlesien (Freiburg und Kunzendorf). Oesterreich weist in Mähren, Schlesien und in den Ostalpen Devon auf, Frankreich und Belgien besitzen es als die Fortsetzung des Rheinischen Schiefergebirges, Britannien in Cornwall und Süd-Devonshire; in Rußland sind 7000 Quadratmeilen von dieser Formation bedeckt und in Nordamerika gehören ihr große Distrikte an.

Hinsichtlich der Verbreitung der Kohlenformation sei auf Seite 51 der Mineralogie verwiesen. Das Rotliegende tritt auf im Saar-Rheingebiet, im Schwarzwald, Thüringerwald, Harz, im Erzgebirge, Plauenschen Grund, in Mittelböhmen und in den Alpen; der Zechstein hauptsächlich in Thüringen.

Die mesozoische Zeit.

Ebensowenig wie man z. B. die Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche als plötzlich eintretende Katastrophen annehmen darf, kann man von trennenden Einschnitten innerhalb zweier Perioden sprechen. Hier wie dort ein langsames Fortschreiten, ein Entwickeln. Und so geht auch die letzte Formation der paläozoischen Periode allmählich in die erste des mesozoischen Zeitalters über. Die mesozoische Periode liegt in der Mitte (messon) zwischen der paläo-

zoischen und der känozoischen Zeit. Sie kennzeichnet sich zunächst dadurch, daß sich ihre Tier- und Pflanzenwelt von der paläozoischen erheblich weiter entfernt als von der känozoischen. Ein Teil der Arten stirbt aus, eine größere Reihe von Tieren bleibt erhalten, eine erhebliche Anzahl höherer Formen kommt hinzu. Das Gesamtbild wird mannigfaltiger in Tier- und Pflanzenwelt. Unter den Stachelhäutern treten die Krinoiden zurück, ihre Stelle füllen die Seeigel aus. Die Brachiopoden und Nautiliden werden durch Ammoniten und Belemniten verdrängt; die Klasse der Fische wird durch die Knochenfische ergänzt. Zu einer ganz besonderen Entfaltung gelangen die Stegokephalen und Reptilien. Außerdem treten die ersten Vögel und Säugetiere auf.

Die Flora wird durch Coniferen, Dikotyledonen und Laubhölzer abwechslungsreicher.

In petrographischer Hinsicht überwiegen Kalk- und Sandsteine und Tone; hingegen treten Grauwacken und Schiefer zurück. Vulkanische Ausbrüche sind ganz selten, so daß Eruptivgesteine demnach kaum in Betracht kommen. Deshalb ist auch die Lagerung im allgemeinen wenig gestört. Nur in den Alpen sind Brüche und Verwerfungen zu verzeichnen.

Die mesozoische Formation zerfällt in drei Hauptgruppen, nämlich:

1. in die Trias (Trias = Dreiheit und zwar Bundsandstein, Muschelkalk und Keuper);
2. in den Jura (schwarzer Jura oder Lias, brauner Jura oder Dogger, weißer Jura oder Malm);
3. in die Kreide (untere und obere Kreide).

Wasser und Land sind auch in dieser Periode verschieden verteilt. In der Triaszeit war wohl das Inland ein flaches Küstenland, das mitunter von seichten Meeren oder, wie das am Ausgang der Formation der Fall war, von größeren abflußlosen Binnenseen bedeckt wurde. Nur in dem Gebiete der heutigen Alpen stand ein tiefes Meer.

Eine neue Ueberflutung der deutschen Triasprovinz erfolgte in der Jurazeit; wahrscheinlich wurde ganz Deutschland und ein großer Teil von England und Frankreich von einem großen Jurameere bedeckt. Auch in der Kreidezeit überwiegen noch die marinen Ablagerungen; daneben treten auch terrestrische und solche aus Brackwässern auf. Bemerkenswert ist, daß sich bereits im Jura klimatische Unterschiede zeigen, und zwar beweist uns das die verschieden gestaltete Tierwelt der nördlichen und südlichen Meere.

Die Tierwelt der mesozoischen Zeit.

Unter den **Urtieren** ragen besonders die Foraminiferen hervor (Jura), und zwar ist ihr Auftreten so massenhaft wie in keiner der bis jetzt genannten Formationen. Aber auch Schwämme und Korallen sind in großen Mengen vorhanden. Hornschwämme lassen sich allerdings fossil nicht nachweisen, dagegen Kalk- und Kieselschwämme. Bekannte **Stachelhäuter** sind die Pentakrinen und Seeigel. Wenn auch die Krinoiden an Artenzahl zurückgegangen sind, so ist eine Zunahme der Individuen unverkennbar. Ueber die Größenverhältnisse von Pentakrinus gibt uns ein in Schwaben aufgefundenes Exemplar Aufschluß, das bei einer Länge von 17 m 1 m Durchmesser zeigt.

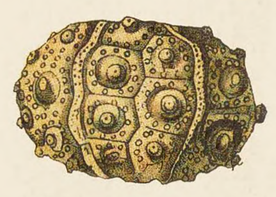


Fig. 48. Cidaris propinqua.

Die Seeigel der Juraformation haben gewöhnlich 20 Plattenreihen und sind im übrigen unsern gegenwärtigen Formen ähnlich (Fig. 48).

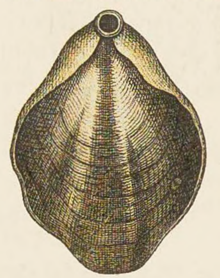


Fig. 49. Terebratula vulgaris.

Unter den an Artenzahl bedeutend zurückgegangenen **Brachiopoden** fällt durch massenhaftes Auftreten Terebratula vulgaris auf (Fig. 49). Die Zahl der Mollusken und Schnecken nimmt zu, viele Arten dienen als Leitmuscheln, wie z. B. Gryphaea arcuata (Fig. 50), den Austern nahestehend (Jura), Gervillia socialis (Fig. 51; Muschelkalk) etc. Aehnlich wie Nautilus sind die bereits im Devon auftauchenden **Ammoniten** spiralig eingerollt und haben außerdem mit der Schale dieses Tieres noch verschiedene andre Eigentümlichkeiten gemein. Der dünne, meist verkalkte Siphon liegt hart an der Außenseite, die Kammerscheidewände sind nach der Mündung zu konvex. Ein richtiges Merkmal für die Gestalt der Naht-



Fig. 50. Gryphaea arcuata.

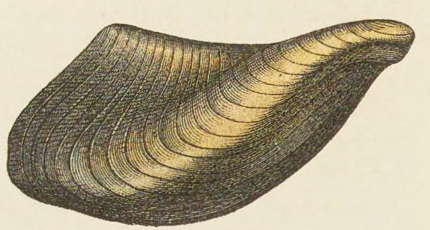


Fig. 51. Gervillia socialis.

linie oder Sutur, d. i. eine Linie, in der die Scheidewände an die Schalenwand stoßen. Man nennt die gegen vorne gerichteten Biegungen Sättel, die nach hinten gerichteten Loben.

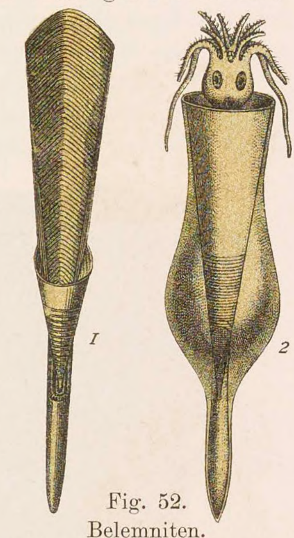


Fig. 52.
Belemniten.
1. Vollständiger Belemnit, Kegel und Schulp. 2. Idealer Belemnit.

Als treue Begleiter der Ammoniten finden sich die **Belemniten** (Fig. 52). Sie sind Tintenfische und haben keine äußere Schale, dagegen ein inneres Gerüst. Hinsichtlich der Kammerung stimmen sie mit den Ammoniten überein, auch ein Siphon ist vorhanden. Von der ausgestorbenen Tierart ist uns nur das Gerüst erhalten geblieben, wenngleich es in den Solnhofer Schiefern auch nicht an Abdrücken fehlt. Die häufig vorkommenden sog. Donnerkeile, Teufelsfinger sind nur der hintere Teil des Gerüstes, der als Stütze verwendet wurde und haben mit dem sog. Rückenschulp unsrer Tintenfische nichts gemein. Die innerlich liegende Kalkschale bestand aus drei Teilen, aus der gekammerten Schale mit Scheidewänden, dem Schulp und dem Schnabel (Donnerkeil, der häufigste Ueberrest, bis zu 1 m lang). Von **Gliedertieren** treten vereinzelt Krebse, Käfer, sehr oft auch Libellen auf (Solnhofen, Fig. 53). Unter den Fischen sind in der Trias die haiartigen Tiere vorherrschend, im Jura mehrt sich die Zahl der Fische mit gleichlappiger Schwanzflosse. Erst in der Kreide treten wirkliche Knochenfische auf, also diejenigen Arten, zu denen gegenwärtig $^9/_{10}$ aller Fische gehören.

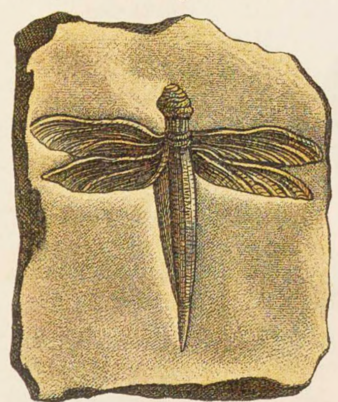


Fig. 53. Libellula.

Im Buntsandstein finden sich Ueberreste von **Amphibien,** besonders von Labyrinthodonten, wie z. B. Mastodonsaurus und Chirotherium. Der etwa 65 cm lange, dreiseitige Schädel von Mastodonsaurus Jaegeri (Fig. 54) hatte am Hinterkopfe zwei starke Gelenkhöcker, wie sie heute noch bei den Amphibien und Säugetieren vorkommen. Den Namen haben die Tiere von der eigenartigen,

labyrinthisch verschlungenen Faltung der Zähne im Innern. An der Außenseite zeigt sich eine Längsstreifung. Fig. 54 zeigt uns den Schädel, den Zahn von außen (1) und im Querschnitt (2) (Zahnlänge 8 cm). Die Tiere waren gepanzert.

Von einem andern Amphibium (Chirotherium) sind uns die riesigen Fußspuren erhalten geblieben. Im Jura ist der vollständige Mangel an Amphibien auffallend.

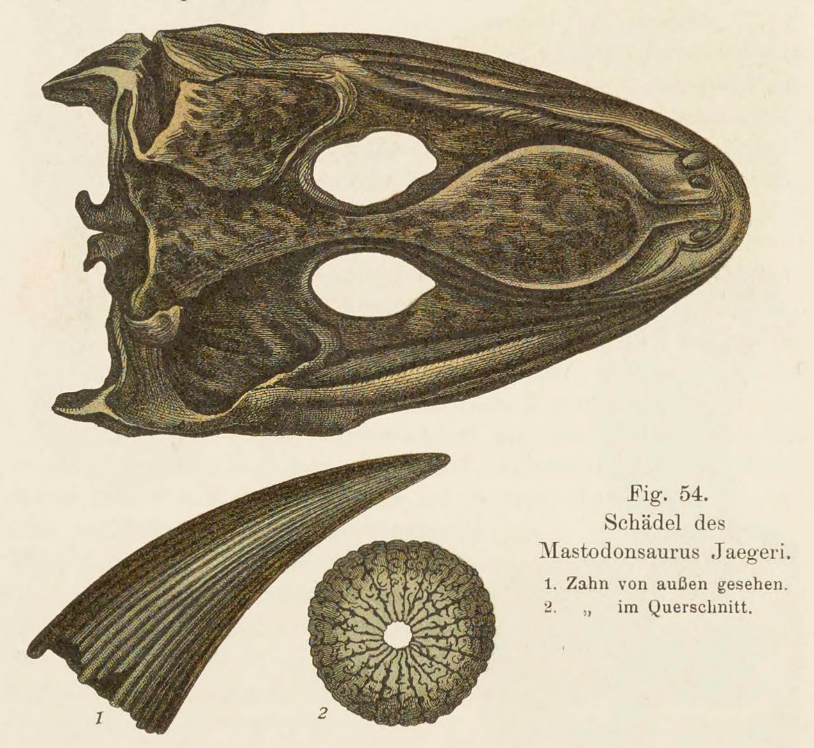


Fig. 54.
Schädel des
Mastodonsaurus Jaegeri.
1. Zahn von außen gesehen.
2. „ im Querschnitt.

Ein ganz eigentümliches Gepräge erhält die Tierwelt durch das Auftreten zahlreicher riesenhafter **Reptilien,** der sog. Saurier. Ihre Blütezeit fällt in die Juraperiode. Da ist vor allem der Ichthyosaurus (Fig. 55) (häufig in Franken und Schwaben) zu erwähnen, einer der verbreitetsten Meeressaurier, über dessen Aussehen und Lebensweise wir durch die zahlreichen Ueberreste gut unterrichtet sind. Das fast 10 m lange Tier hatte ungefähr die Gestalt eines Delphins. Der große Schädel spitzte sich in eine lange Schnauze zu, in der eine Reihe gestreifter Zähne saßen, die Augen lagen weit zurück und waren ungewöhnlich groß, der Hals kurz und stark. Wie

bei den Fischen waren die ca. 150 Wirbel bikonkav. Den Rücken entlang lief eine größere Flosse. Für die Fortbewegung sorgten vier getäfelte Ruderflossen und eine zweilappige Schwanzflosse. Aus den versteinerten Exkrementen des gefräßigen Räubers kann man

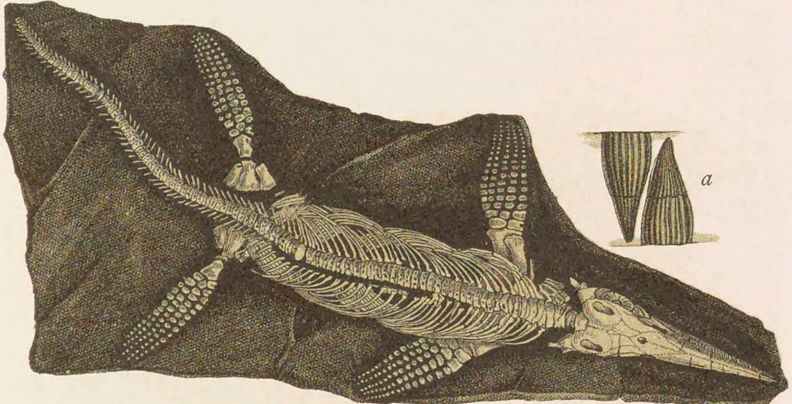


Fig. 55. Ichthyosaurus communis.
a) Zähne.

erkennen, daß Tintenfische, Fische und Reptilien seine Nahrung bildeten.

Andre weit verbreitete Saurier waren der Plesiosaurus mit langem Hals und kleinem Kopf und der krokodilähnliche Teleosaurus (Fig. 56).

Außer diesen dem Wasserleben angepaßten Reptilien gab es auch eine große Zahl riesenhafter Landwesen, die eine gewiße Aehnlichkeit mit unsern Krokodilen hatten und zwar mit dem Gavial. Auch diese hatten noch bikonkave Wirbel. Megalosaurus war 15 m lang, Iguanodon, ein Pflanzenfresser hatte 9 m Länge und 5 m Höhe in aufrechter Stellung. In Amerika finden wir die Riesengestalt des Brontosaurus, eines 30 m langen Vierfüßlers. Die Eidechsen und Schildkröten aus jener Zeit ähneln bereits denen der Gegenwart.

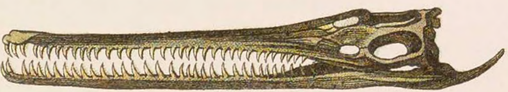


Fig. 56. Kopf des Teleosaurus oder Mystriosaurus.

In der Zeit, wo Ichthyosaurus und Plesiosaurus in starkem Abnehmen begriffen sind, erreicht die Entwicklung der **Flugsaurier** ihren Höhepunkt. Pterodactylus, im Solnhofer Schiefer vollständig erhalten, spannte mit dem außerordentlich langen vierten Finger der Arme links und rechts am Vorderkörper eine Flughaut aus. Das etwa 30 cm lange Tier war vollständig bezahnt und hatte spitze Fangzähne.

Die Flugsaurier bilden den Uebergang zu den eigentlichen

Vögeln, von welchen man bisher in den Solnhofer Schiefern zwei Exemplare aufgefunden hat (Jura). Es ist das der Archaeopteryx (Fig. 57), ein Tier von mäßiger Größe, einem kleinen Kopf und



Fig. 57. Archaeopteryx lithographica.

Kletterfüßen. Von den Vögeln der Gegenwart unterscheidet er sich durch die bikonkaven Wirbel, die Bauchrippen und den Eidechsenschwanz. An den 20 Wirbeln des letzteren saßen 20 Paar Federn gleichmäßig verteilt in zweiteiliger Ordnung.

Säugetiere sind uns nur in dürftigen Resten erhalten geblieben und zwar gehören sie insekten-, fleisch- und pflanzenfressenden Raubtieren an (Jura und Kreide).

Gesteine und Erze der mesozoischen Zeit.

Die Triasperiode setzt mit der Buntsandsteinbildung ein. Es handelt sich um einen gleichmäßig gekörnten, durch Eisengehalt gefärbten Stein, der sich als Baumaterial besonders gut eignet (Heidelberger Schloß). Außerdem bilden sich in dieser Formation Schieferletten, Ton, Mergel, Gips und Steinsalz (Braunschweig, Hannover, Berchtesgaden, Hallein). Mächtige, von Gips begleitete Salzstöcke entstehen im Muschelkalk (Friedrichshall). Diese Formation ist an Versteinerungen ungleich reicher als die vorhergehende. Neben Myophorien (Fig. 58) wirken Krinoiden und Terebratula felsbildend.

Im Keuper (der Name stammt aus dem Fränkischen) werden Sandstein, Kalk, Mergel, Dolomit, Gips und Steinsalz abgelagert.

Die Juraformation trägt ihren Namen von der mächtigen Gebirgskette, welche von der Schweiz bis zum Fichtelgebirge zieht. Es handelt sich um Kalksteine, Mergel, Sandsteine, Schiefertone, Dolomite, Konglomerate, Breccien, Oolithe oder Rogensteinbildungen. (Der Kalk besteht aus feinen und schaligen Körnern.) Der Name „Kreideformation“ ist nicht glücklich gewählt; denn der weiße, erdige Kalk, den wir Schreibkreide nennen, ist nur ein verschwindender Bruchteil gegenüber den Tonen, Mergeln, verschiedenen grauen und schwarzen Kalken und Sandsteinen (Grünsandsteine), woraus die Formation besteht. Reine Kreide, aus feinen Teilchen von Kalk (mikroskopischen Foraminiferen) bestehend, findet sich in den oberen Schichten und ist das Muttergestein der Feuersteine. Charakteristisch für die Formation ist die

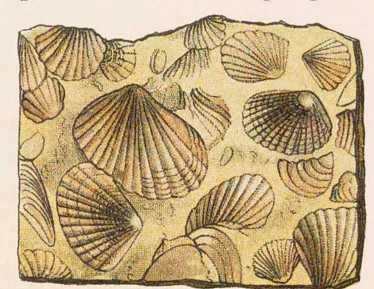


Fig. 58. Myophoria costata Zenk.



Fig. 59. Querschnitt des Erzgebirges.

1a—d. Kristallinische Schiefer. 2a,b. Grauwacke. 2c. Steinkohle. 3a. Rotliegendes. 6. Quadersandstein (Kreideformation). 7. Tertiärformation. ABC. Granite und Porphyr. E. Basalt (des böhmischen Mittelgebirges).

Bildung von Quadersandsteinen. Ein klassisches Beispiel hiefür bietet die Sächsische Schweiz. Während der Kreidezeit ging von dem damaligen böhmischen Binnenmeer ein Arm in der Richtung der heutigen Elbe und lagerte die Quadersandsteine ab. Später erfolgte die Durchschneidung der Schichten durch die Elbe. Unser Bild (Fig. 59) zeigt uns ferner tertiäre Ablagerungen, von Basaltmassen durchbrochen.

Erze. Auch das mesozoische Zeitalter ist reich an Erzen. In der Trias haben wir die Bleiglanzablagerungen von Commern und Saarbrücken,

die Kupfererze im Schwarzwald, die Blei-, Zink- und Eisenlagerstätten von Beuthen und Tarnowitz und die Quecksilbererze von Idria in Krain.

Jura und Kreide liefern bedeutende Ablagerungen von Toneisenstein und oolithischen Eisenerzen. (Württemberg, Lothringen, Luxemburg, Oberschlesien.)

Geographische Verbreitung. Die Trias ist hauptsächlich eine deutsche Formation und läßt vier große Gebiete, das norddeutsche, das fränkisch-schwäbische, das elsaß-lothringische und oberschlesische unterscheiden. Kleine Inseln finden sich z. B. bei Berlin, auf Helgoland etc. Die alpine Trias wurde häufig von Eruptivgesteinen (Porphyr) durchbrochen.

Zu den Formationen des Jura gehören innerhalb Deutschlands das fränkisch-schwäbische (Jura), das nordwestliche und das oberschlesische Verbreitungsgebiet. In Norddeutschland tritt der Jura an der Weserkette auf, ferner bei Kassel, Göttingen, Gotha und in den Höhenzügen von Hildesheim bis Goslar; isoliert kommt er an der Odermündung und in Pommern vor. Von andern außerdeutschen Ablagerungen ragen durch ihre Ausdehnung hervor die alpinen Gebiete (Kalkalpen mit mächtigen Gipfeln) England, Frankreich, Oesterreich (Karpathen), Rußland.

Eine sehr große Verbreitung hat die Kreide in Deutschland. Freilich tritt sie in Norddeutschland nur selten aus den mächtigen Ablagerungen des Tertiär und Diluvium zu Tage (Lüneburg, Kreidefelsen Rügen, Wollin); aber sie ist unter der ganzen Decke vorhanden. Als Hauptgebiete sind zu nennen: das Kreidegebiet von Mastricht und Aachen, jenes von Westfalen und dem Teutoburger Walde, das Gebiet des nordwestlichen Deutschland, die baltische Kreide und das Gebiet des mitteldeutschen und mährischen Quaders.

Mächtige Kreideablagerungen treten ferner auf in den Nord- und östlichen Südalpen (Istrien, Dalmatien), in England und Frankreich (Pariser Becken).

Die känozoische Zeit.

Das Kreidemeer bedeckte große Flächen der heutigen Kontinente und schnitt in das aus dem Wasser ragende Land tiefe Buchten ein. Meeresarme teilten es in größere und kleinere Inseln. Mit dem känozoischen Zeitalter aber begann sich das Land zu heben. Große, bisher vom Meere bedeckte Strecken wurden bloßgelegt, Inseln tauchten auf und trennten, indem sie durch dazwischen liegende Tiefebenen verbunden wurden, ehemals zusammenhängende Meere. Noch entbehrten die Festländer der höheren Gebirge. Das Innere des Landes aber war noch reich an Seen und Sümpfen, an

den Küsten zeigten sich vielfach seichte Buchten. In den nordeuropäischen Küsten wechseln Hebungen und Senkungen ab und hinterlassen marine — brackische — und Süßwasserablagerungen. Allmählich setzt die Gebirgsbildung ein. Landschaften, die im mesozoischen Zeitalter unter dem Meeresspiegel lagen, werden durch einen ungeheuren Faltungsprozeß zu hohen Gebirgen aufgetürmt; es entstehen unsre Alpen, die Pyrenäen, Karpathen, Kordilleren, der Himalaja u. a.

Fig. 60 zeigt uns einen idealen Querschnitt durch die Dolomiten. Wohl kein Teil der Alpen zeigt eine derartige Schroffheit und wilde Zerrissenheit, so viel an phantastischen Spitzen, Zacken und Mauern wie dieser; er bietet aber auch der Tätigkeit des Wassers so zahlreiche Angriffspunkte, wie kein andrer. Reiche Ueberreste

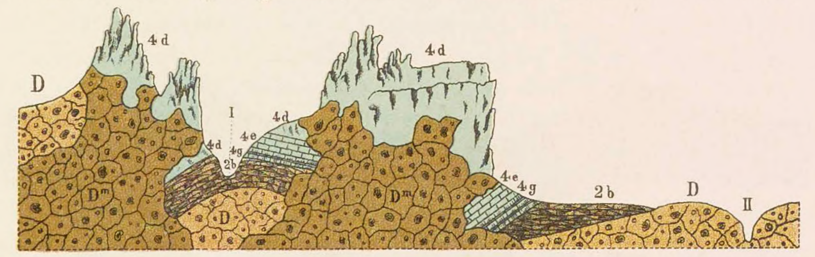


Fig. 60. Querschnitt des Fassatals in Südtirol.
2b. Alter roter Sandstein (Grauwackenformation). 4d. Dolomit, rhät. Formation (Keuper). 4e. Geschichteter Kalkstein, rhät. Formation (Keuper). 4g. Gips. D. Schwarzer (Melaphyr) und roter Porphyr. I. Fassatal. II. Eisacktal.

von Tieren, insbesondere von Muscheln, die im tiefen mesozoischen Meere lebten und starben und ihre Kalkschalen am Grunde anhäuften, finden sich jetzt noch auf Gipfeln, die in die Wolken ragen. Solche mächtige Faltungen, namentlich wenn es sich um so sprödes Gestein wie Kalk handelt, konnten nicht ohne Verwerfungen und Knickungen zustande kommen.

Unter den Senkungen ist vor allem die rheinische Grabensenkung von Bedeutung (Fig. 61). Schwarzwald und Vogesen waren ursprünglich eine einheitliche, von den verschiedenen Ablagerungen der mesozoischen Zeit bedeckte Masse. Die heutige Rheinebene ist nichts andres als das in die Tiefe gegangene Mittelstück.

An der Versenkung sowohl wie an den Gipfeln arbeitete die Denudation und zwar am stärksten in den Teilen, die am wenigsten eingesunken waren. Hier ging die Entblößung bis auf die kristallinischen Gesteine, dort bis zum Jura, ja an solchen Teilen, die weniger tief versenkt wurden, bis zum Buntsandstein.

Die kolossalen Erhebungen im Innern der Kontinente und die veränderten Abdachungen gegen die Küsten hin mußten auch den Flußläufen neue Richtung geben.

Das an Umwälzungen reiche Zeitalter brachte ferner eine Reihe von massenhaften Vulkanausbrüchen mit sich, und zwar handelt es sich um sog. jungvulkanische Gesteine wie Basalte, Phonolithe und Trachyte. In dieser Periode entstanden die Eifel, das Vulkangebiet des Laacher Sees, das Siebengebirge, der Westerwald, das Vogelsgebirge, der Meißner, der Habichtswald, die Rhön, die Ergüsse im nördlichen Böhmen (Milleschauer, Kletschenberg) und in der Lausitz (Landeskrone, Löbauer Berg), der Katzenbuckel im Odenwald und zahlreiche Berge in der Schwäbischen Alb. Die Thermen und Säuerlinge Nordböhmens sind die letzten Nachwirkungen der

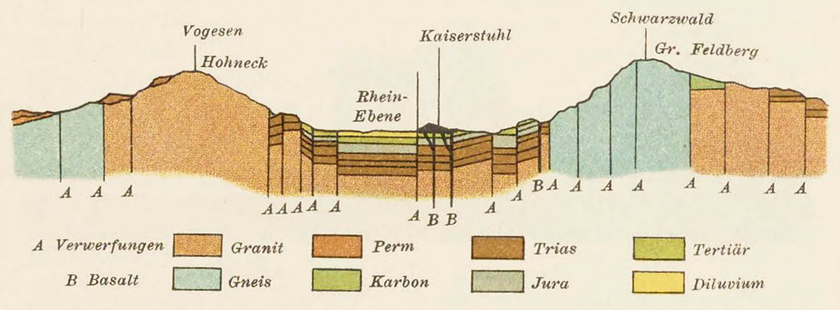


Fig. 61. Querschnitt des Rheintales bei Freiburg i. B.

dortigen Vulkanausbrüche. Auf diese Weise wurde die Erdoberfläche so umgestaltet, wie wir sie jetzt sehen. Selbstverständlich konnten diese gewaltigen Störungen, insbesondere die Erhebungen nicht ohne Einfluß auf das Klima bleiben. Anfänglich fast tropisch, sank die Temperatur fortgesetzt, so daß in der Mitte der Tertiärzeit etwa unser gegenwärtiges Klima auftrat. Eine auffallende Abnahme der Temperatur, verbunden mit großen Niederschlägen, trat gegen Ende der Tertiärzeit ein. Solche Veränderungen, die riesige Zeiträume in Anspruch nahmen, hatten tiefeingreifende Umgestaltungen im Tier- und Pflanzenleben zur Folge. Neue Arten entstanden und vergingen. In der Pflanzenwelt entfalten sich jetzt die Dikotyledonen. Die Zahl der Laubhölzer ist eine unverhältnismäßig größere als die der Nadelbäume. Die Geschlechter der Ammoniten, Belemniten, Brachiopoden, Seelilien und Kieselschwämme verschwinden vollständig oder werden auf ein Minimum beschränkt. Unter den Wirbeltieren ist ein auffallender Rückgang der Reptilien zu ver-

zeichnen, die Saurier sterben aus, nur Eidechsen, Schlangen, Krokodile und Schildkröten sind noch vorhanden. Auch die Stegokephalen existieren nicht mehr, an ihre Stelle sind Frösche und Salamander getreten. Die Ganoidfische sind sehr zurückgegangen, um so zahlreicher sind Knorpel- und vor allem Knochenfische geworden.

Dagegen entfaltet sich ein großer Artenreichtum unter Vögeln und Säugetieren.

Gesteine und Erze der känozoischen Zeit.

Der Eruptivgesteine wurde bereits Erwähnung getan. Nur in den selteneren Fällen kommen geschichtete Gesteine vor, dagegen ist die Formation reich an Ablagerungen aus seichten Meeresbecken und Binnengewässern, wie an plastischen Tonen, losen Sanden, lockeren Kalken, Löß- und Lehmablagerungen. In die känozoische Zeit fällt auch die Bildung der mächtigen Salzlager von Galizien (Wieliczka) und Siebenbürgen (Marmarasch) und die Entstehung der Braunkohlen — und zwar beherbergen die älteren Bildungen eine noch tropische Pflanzenwelt wie Lorbeer und Palme — in Deutschland und Oesterreich, z. B. bei Halle, in Thüringen, Hessen, in der Ober- und Niederlausitz und namentlich in Nordböhmen. Während sich die Bildung der Braunkohlen noch das ganze Zeitalter hindurch erstreckt, gehört der Torfbildungsprozeß der jüngsten Periode an. Für die Gegenwart sind ferner charakteristisch die Bildung von Dünen, Korallenbauten, Sandbänken, Barren, Marschen, Deltas etc., die Gipsbildungen von Montmartre in Paris, der Nummulitenkalk der Alpen, die Bernsteinablagerungen von Samland, die Schwefelablagerungen in Sizilien.

Erze. Von Bedeutung sind die tertiären Bohnerze (Jura) und die tonigen Sphärosiderite.

Beide sind abbaufähig; ebenso die gegenwärtig sich bildenden Raseneisensteinlager (Lauchkammer in der Niederlausitz). Ferner sind zu erwähnen die gold- und silberhaltigen Erze in Schemnitz und Kremnitz, die Seifenwerke in Indien und Brasilien (Edelmetalle und Edelsteine).

Das känozoische Zeitalter umfaßt die Tertiär- und Quartär-Formation. Letztere teilen wir wieder in das Diluvium (Eiszeit) und Alluvium (Gegenwart).

Die Tier- und Pflanzenwelt der Tertiärzeit.

Um diese Zeit treten merkwürdige Urtiere — die **Nummuliten** — auf. Es sind das riesenhafte Foraminiferen bis zu 60 mm Größe, mit linsenförmigen, aus zahlreichen Windungen bestehenden Gehäusen. Sie setzen ganze Schichtensysteme zusammen und bilden den sog. Nummulitenkalk (Fig. 62). (Die Pyramiden der Aegypter bestehen aus Nummulitenkalk). Unter den Pflanzentieren erlangen riffbauende Korallen große Bedeutung, unter den Stachelhäutern die Seeigel. Muscheln und Schnecken bilden fast die Hälfte aller in der Tertiärzeit lebenden Tiere; sehr zahlreich sind ferner die Insekten vertreten. Der Riesensalamander, dem heutigen japanischen Riesensalamander ähnlich und eine mächtig große Schildkröte (5—6 m lang) entstehen und sterben in der Tertiärzeit aus. Dasselbe trifft bei einer großen Anzahl von Vögeln, namentlich straußenartigen zu. Im allgemeinen nähern sich die **Vögel** langsam den jetzigen Formen. Bemerkenswert ist, daß sich zu Beginn der Tertiärzeit in den Gewässern von Nördlingen und Mainz Knochen, Eier und Nester von Pelikanen und Flamingos finden, in Frankreich entdeckte man sogar Reste von Papageien und Nashornvögeln, aus dem ersten Tertiär stammend.

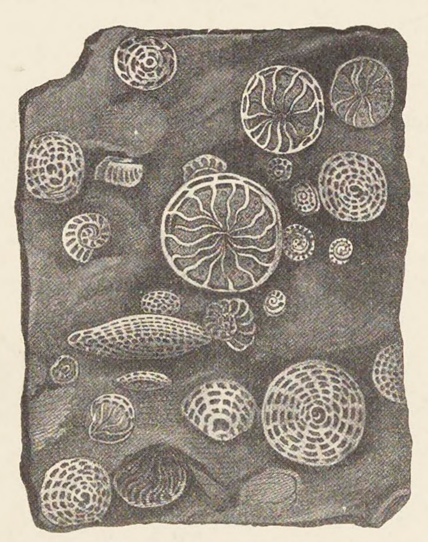


Fig. 62. Nummulitenkalkplatte.

Weitaus bedeutender als die Ueberreste von Vögeln sind diejenigen der **Säugetiere.** Eine große Mannigfaltigkeit von Fossilien dieser Klasse gibt uns sowohl über bereits ausgestorbene Geschlechter als auch über jetzt existierende und deren verwandtschaftliche Beziehungen zu früheren Auskunft.

Charakteristisch für das Tertiär sind das Megatherium, ein Riesenfaultier von 4 m Länge und 2 m Höhe, das Glyptodon, ein riesenhaftes Gürteltier und ganz besonders verschiedene Huftiere, welche als echte Mischtypen, die Merkmale von verschiedenen Ordnungen in sich vereinigen.

Paläotherium (Fig. 64) zeigt mit Tapir, Rhinozeros und Pferd Aehnlichkeit, im Anoplotherium finden sich Eigenschaften von Dickhäutern, Wiederkäuern und vom Schwein. Paläotherium darf

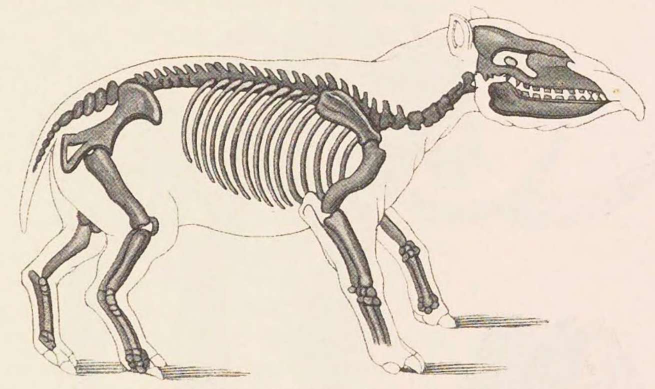


Fig. 63. Paläotherium magnum.

als die Stammform unsres europäischen Pferdes angesehen werden; es trägt drei starke Zehen, welche den Boden berühren (im Pariser Gips aufgefunden).

Bei Anchitherium waren die seitlichen Zehen schon beträchtlich kürzer; eine weitere Verkümmerung zeigt die Zehen von Hippotherium; beim Pferd sehen wir nur noch den Mittelfußknochen (Fig. 65).

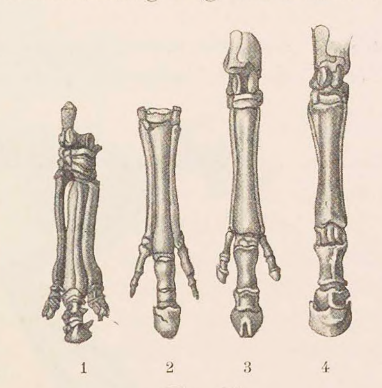


Fig. 64.
Hinterfüße von 1. Paläotherium; 2. Anchitherium; 3. Hippotherium; 4. Pferd.

Noch reicher ist die genealogische Reihe des amerikanischen Pferdes. Ebenso wie am Fuß können auch an den Backenzähnen die allmählichen Uebergänge nachgewiesen werden.

Außer Nilpferd, echten Hirschen, Giraffen, Kamelen, verschiedenen Horntieren sind noch zwei Vorfahren des Elefanten hervorzuheben. Dinotherium giganteum, das Schreckenstier (in Deutschland verschiedentlich aufgefunden), mit zwei nach unten gerichteten Stoßzähnen und einer Höhe von etwa 4,50 m und das Mastodon (Fig. 65; europäische und amerikanische Arten). Auch an Vertretern der übrigen Ordnungen fehlte es nicht. Wale, Robben,

Nager, Insektenfresser, Raubtiere, darunter gigantische Riesentiger, Fledermäuse, Halbaffen und Affen waren vor-

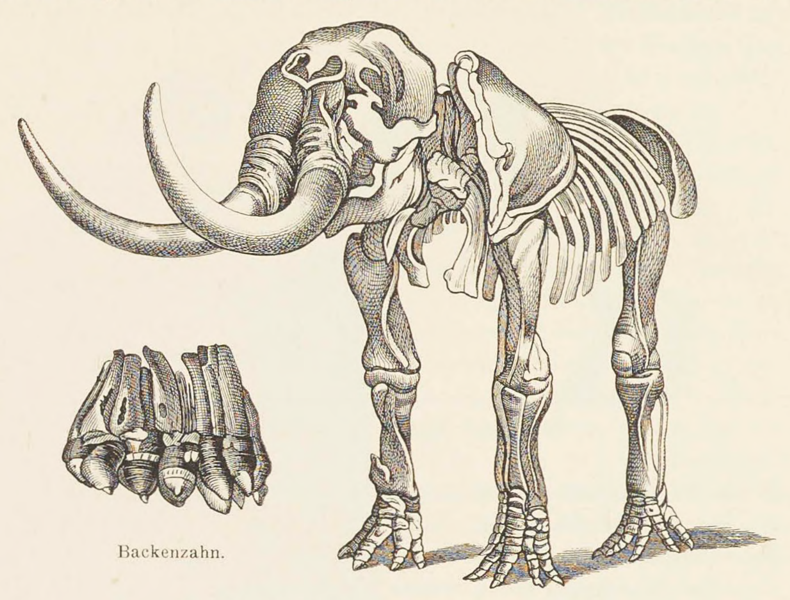


Fig. 65. Mastodon giganteum (Amerika).

handen. Eine besonders häufige Art scheint Mesopithecus pentelicus (den Schlankaffen verwandt) gewesen zu sein (Fig. 66).

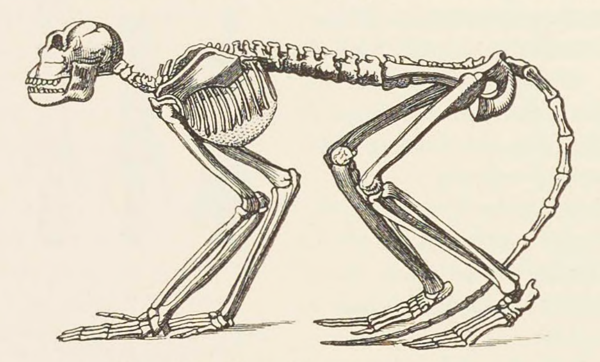


Fig. 66. Mesopithecus pentelicus.

Ferner treten auch schon höher entwickelte Affen auf.

Die Frage, ob in der Tertiärzeit bereits Menschen existierten, ist vorderhand noch als ungelöst zu betrachten.

In der Pflanzenwelt treten tiefgreifende Aenderungen ein. Das warme Klima der älteren Tertiärzeit ließ in unsren Breiten Feigen-, Lorbeer- und Zimmtbäume, Palmen und Mimosen gedeihen. Daneben fand sich aber auch schon die Eiche, der Ahorn, die Esche und der Walnußbaum. Mit der allmählich abnehmenden Temperatur starben die tropischen Gewächse aus, und es stellen sich taxus- und zypressenartige Nadelhölzer ein, die einen Hauptbestandteil der Braunkohlenlager ausmachen oder wie das Harz von Pinus succinifer (Bernsteinfichte) Bernstein liefern.

Geographisches. Außer den bereits erwähnten tertiären Ablagerungen sind noch zu nennen das Gebiet von den Alpen bis zur Donau und verschiedene zerstreutliegende Partien in Norddeutschland. In Oesterreich sind vor allem die Karpathen, die hohe Tatra und die Liptauer Alpen hervorzuheben.

Ein an wichtigen Tier- und Pflanzenresten reiches Becken in Deutschland ist das Mainzer Becken. Ursprünglich ein Meeresbecken, wurde es allmählich ausgesüßt (Brackwasser), dann ein Süßwasserbecken und endlich trockenes Land. (Wiener Becken).

Das Diluvium.

Gegen Ausgang der Tertiärperiode trat ein großer bis jetzt noch nicht aufgeklärter Rückschlag in der Temperatur ein. Massenhafte Niederschläge erfolgten und gaben in den älteren Zeiten des Diluviums zu jenen gewaltigen Eisbildungen Anlaß, die einzig dastehen in der Geschichte der Erde. Von vier großen Zentren, sog. Glazialgebieten, ergossen sich die Eismassen über Europa, nämlich von Skandinavien, England, den Alpen und dem Ural aus. Daneben sind noch Mittelgebirge mit eigenen Gletscherherden zu verzeichnen wie der Jura, der Schwarzwald, die Vogesen, der Taunus und Odenwald, (das Erzgebirge, der Bayer. Wald und Böhmerwald), das Riesengebirge und die Tatra. Für uns haben zwei Gebiete, das skandinavische (Fig. 67) und das alpine, größere Bedeutung. Die Eismasse des erstgenannten Gebietes, die wohl in Schweden eine Mächtigkeit bis zu 2000 m erreichte und das nördliche Europa bedeckte, nahm in seiner größten Ausdehnung 6 Millionen qkm ein. Das Eis drang zum Harz und innerhalb unsres Vaterlandes zum

Erzgebirg vor. Die Südgrenze lief von der Rheinmündung über Westfalen nach Hannover bis zum nördlichen Harz, bog, den Harz umschlingend, nach Thüringen, zog quer durch Sachsen und dann die nordöstlichen Sudeten entlang. Solche ungeheure Eismassen, die im nördlichsten Deutschland noch eine Mächtigkeit von 1000 m, in der Harzgegend eine Dicke bis zu 400 m aufwiesen, mußten

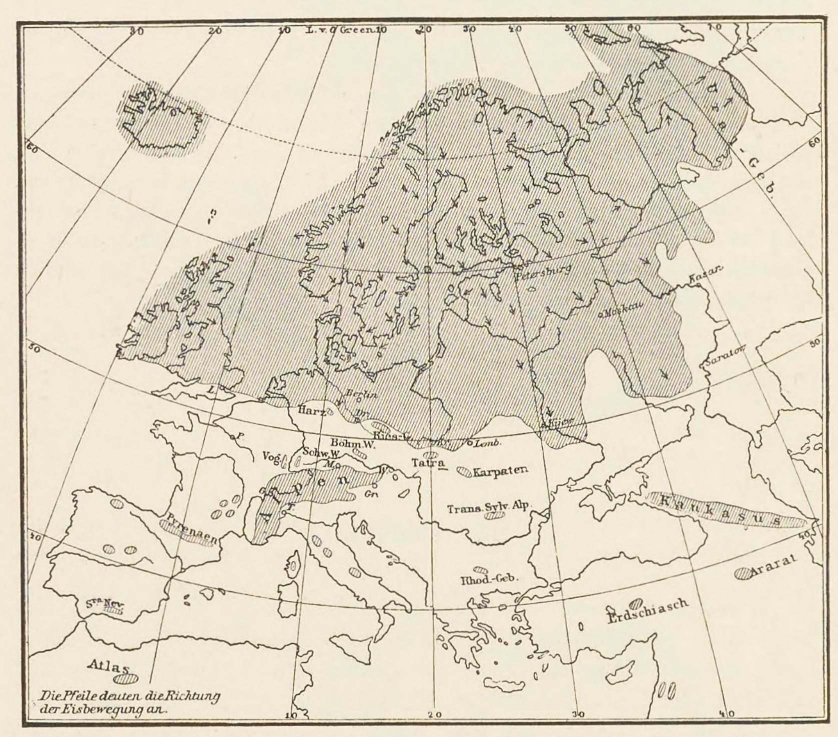


Fig. 67. Karte der Verbreitung des nordeuropäischen Binneneises.
(Nach Penck.)

ungeheure Mengen Wärme absorbieren und durch ihr Wachstum die Temperatur fort und fort erniedrigen.

In den Alpen trat eine vollständige, 1500 m mächtige Vergletscherung ein; alle Täler waren von Eis erfüllt, nur die höchsten Gipfel waren mit Schnee und Firn gekrönt. Von den Gletscherherden strömten Gletscher nach allen Richtungen, die größten gegen Norden. Dort drangen sie, nachdem sie am Nordfuße der Alpen zu einer 70 km breiten Decke verschmolzen, in die schwäbisch-bayrische Hochebene vor und erfüllten die heutigen Seebecken bis

auf den Grund mit Eis. Zwei Gletscher ragen in bezug auf Ausdehnung ganz besonders hervor, der Rhone- und Rheingletscher. Ersterer drang bis Lyon, letzterer bis Sigmaringen-Biberach vor.

Diese Eismassen kamen mindestens dreimal. (Für Deutschland hatte die zweite Eiszeit die größte Ausdehnung.) Die dazwischen liegende Zeit, in der die Gletscher zurückgingen, nennt man die Interglazialperioden.

Welches sind nun die Anhaltspunkte für das Auftreten der Eiszeit?



Fig. 68. Faltung von Mergelschichten.

a) Zunächst sind es die untrüglichen Schrammen, Ritzlinien, Schliffflächen, die in Skandinavien an unzähligen Punkten, aber auch in Nord- und Mitteldeutschland (Sachsen) und in der schwäbisch-bayrischen Hochebene auftreten. Die Spuren, welche uns diese Eismassen hinterlassen haben, sind viel gewaltiger und deutlicher als jene der gegenwärtigen Gletscher.

b) Unter der Eisdecke wurde eine Grundmoräne gebildet, die wir als Geschiebelehm oder Geschiebemergel bezeichnen. Sie ist das Zerstörungsprodukt verschiedenartigster Gesteine (Granite, Diabase, Kalke etc.), die in Schweden ihre Heimat hatten und überall, wo wir sie in Norddeutschland antreffen, dieselbe Beschaffenheit aufweisen. Mitunter erreicht das Diluvium eine Mächtigkeit von 150 bis 200 m und bildet in Norddeutschland (Rußland) den Ackerboden.

Außer diesen Geschieben, worunter die Feuersteine ganz besonders charakteristisch sind, finden sich die bekannten eratischen Blöcke (Findlingsblöcke), mit einem Durchmesser von 2—3 m, mitunter auch solche von 15 m Länge. Sie wurden mit den Eismassen nach Norddeutschland verschleppt. Ebenso haben die Alpenbäche große Blöcke transportiert.

c) Wenn die Gletscher auf einen lockeren Untergrund stießen (Ton, Sand), dann kam es zu Faltungen, Stauungen und Zerreißungen der Schichten, Erscheinungen, die in Norddeutschland nicht selten sind (Fig. 68). Handelte es sich um widerstandsfähigeres Material, dann traten Brüche ein und Verschiebungen solcher Bruchstücke in Geschiebelehm.

d) In den diluvialen Sanden, Kiesen und Tonen sind sodann untrügliche Tier- und Pflanzenreste, aus nichtheimischem Boden stammend, nachzuweisen.

Beweise für die Interglazialzeiten sieht man in den Verwitterungserscheinungen, welche die älteren Geschiebeprodukte bis zum Eintritt neuer, von den Eismassen herbeigeschleppter, durchzumachen hatten, ferner in den Erosionen, welche die Moränenablagerungen erlitten und endlich aus den auf ein gemäßigteres Klima hinweisenden Tier- und Pflanzenresten.

Durch das Abschmelzen des Eises wurde von dem Wasser, das sich tiefe Furchen und Spalten aussuchte, fein geriebenes Material in tiefer liegende Gegenden gebracht. In den Flußebenen sowohl wie auch auf Höhenzügen kamen Lößablagerungen zustande.

Die Eiszeit brachte eine Reihe von Veränderungen der Erdoberfläche mit sich. Das Terrain der Nordsee und des Kanals, beide vor der Eiszeit trockenes Land, erlitt eine Senkung. Großbritannien kam unter Wasser und wurde wieder gehoben. Auch die Ostsee war bei Beginn der Eiszeit noch Land. Von großem Einfluß auf die Bildung der Flußtäler waren die Schmelzwasser der zurückgehenden Gletscher. Durch sie kamen die sog. Urstromtäler zustande, welche die Richtung des Gletscherrandes verfolgend, eine ostwestliche Richtung einschlugen und die Gewässer der Weichsel, Oder und Elbe aufnahmen. Die drei Ströme ergossen sich in die Nordsee. Ihre früheren Talrinnen können nebst den sie begleitenden Talsanden und Lehmen noch heute genau verfolgt werden.

Die Eiszeit mußte von einschneidender Bedeutung für die damalige Pflanzenwelt sein. Solche Pflanzen, welche in den von Eis nicht betroffenen Stellen südlich vom Thüringerwald wuchsen, konnten sich erhalten. Ihre nördlichen Schwestern erfroren. (Wir wissen, daß mit Beginn der Diluvialzeit Deutschland subtropische Pflanzen beherbergte.) Mit abnehmender Temperatur stellte sich

eine Tundrenflora ein, die, als heiße Sommer und sehr kalte Winter abwechselten, einer Steppenflora Platz machte.

Die Tierwelt besaß während der Eiszeit einen arktischen Charakter. Vielfraß, Eisfuchs, Lemming, Schneehase, Moschusochse, und Renntier waren in ganz Mitteleuropa heimisch. Später trat eine Steppenfauna auf, wie das die im Löß vorkommenden Steppenziesel, Pferdespringer, Antilope saiga u. a. beweisen. Auch an großen, jetzt nur noch in heißen Ländern vorkommenden Säugern war die damalige Zeit reich. In Sibirien lebte in riesigen Herden das

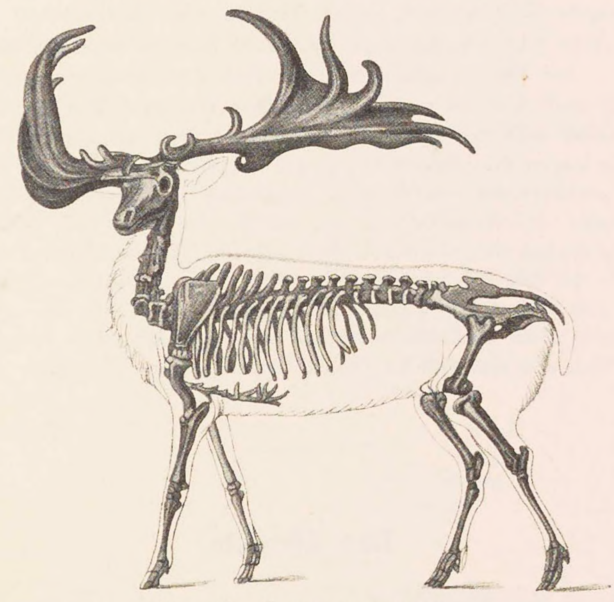


Fig. 69. Cervus megaceros.

Mammut, ein langhaariges, über 3 m hohes Tier, über dessen Lebensweise wir wichtige Anhaltspunkte besitzen. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts und außerdem im Jahre 1901 wurde je ein fast vollständig erhaltenes, noch mit Haut bedecktes Exemplar aufgefunden und, was ganz besonders wertvoll war, es fanden sich sowohl zwischen den Zähnen als auch auf der Zunge noch Reste nordischer Pflanzen. Elefant und Rhinozeros, beide mit einem dichten wolligen Haarkleid versehen, also dem Klima angepaßt, verschiedene Rinder, der Höhlenbär (Ursus spelaeus), Hyänen, der Höhlenlöwe, der Riesenhirsch (Cervus megaceros, Fig. 69) waren Bewohner Mitteleuropas.

Die Namen Höhlenbär, Höhlenlöwe rühren von dem Fundort

der Knochen dieser Tiere her. Diese finden sich massenhaft in verschiedenen Höhlen Deutschlands (Gailenreuther Höhle im Fränkischen Jura, Hohlefels im Achtal in Schwaben u. a.) und zwar in Lehm eingebettet. Diese Knochen sind um so interessanter als sie untrügliche Beweise für die Existenz des Menschen an sich tragen. Schon zu den Zeiten, wo noch eine südliche Flora bei uns heimisch war, haben Menschen existiert. Das beweisen u. a. die aus Stein gefertigten Geräte (Feuersteinbeile der altdiluvialen Steinzeit). Von der Ueberlegenheit des Menschen über das Tier, wie z. B. über den 3 m langen Höhlenbären, legen bereits die bearbeiteten Knochen des großen Säugers Zeugnis ab. Die Rippen wurden zu Pfeilen gespitzt, der Unterkiefer zu einer Art Axt umgestaltet, Röhrenknochen und Schädel wurden gespalten (Gehirn, Mark).

Außer verschiedenen Fortschritten auf dem Gebiete der Werkzeugbereitung tragen die Ueberreste aus der jungdiluvialen Steinzeit auch schon Spuren primitiver Kunstbetätigung. (Sorgfältig bearbeitete Feuersteinmesser, Zeichnungen auf Renntierhorn etc. im Kessler Loch bei Schaffhausen.) Großes Aufsehen erregten die in Südfrankreich (an den Wänden der Höhlen des Tales der Vezère) aufgefundenen Zeichnungen diluvialer Tiere, wovon manche mit Naturtreue wiedergegeben sind. Wenn uns eine große Zahl von Funden über die Lebensweise des damaligen Menschen Aufschluß gibt, so sind hingegen menschliche Skelette äußerst seltene Funde.

Das Alluvium.

Auch das diluviale Zeitalter muß als ein sehr ausgedehntes angesehen werden. Auf der von der Eiszeit vortrefflich vorbereiteten Bodenfläche entwickelte sich nicht ohne Abhängigkeit von den inzwischen veränderten klimatischen Verhältnissen unsre gegenwärtige Pflanzenwelt und von dieser und andern Faktoren abhängig — die Tierwelt. Die Veränderungen der Erdoberfläche sind noch nicht abgeschlossen. Noch heute wirken dieselben Kräfte, die im Laufe unschätzbarer Zeiträume ihre Tätigkeit ausübten, umgestaltend auf sie ein.

Alphabetisches Register.

